

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

И. Пригожин И. Стенгерс ПОРЯДОК ИЗ ХАОСА

Новый диалог человека с природой

Перевод с английского Ю. А. Данилова

Общая редакция и послесловие В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова

Издание второе

Эдиториал УРСС • Москва • 2000

Пригожин Илья, Стенгерс Изабелла Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой

Пер. с англ. — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — 312 с.

ISBN 5-8360-0106-5

Книга известного бельгийского физико-химика, лауреата Нобелевской премии И. Пригожина и его соавтора И. Стенгерс посвящена рассмотрению науки и философии XIX и XX вв. с позиций науки второй половины нашего столетия, а также проблемам и особенностям современного научного мышления. Цель книги — осмыслить путь, пройденный наукой и познанием и изложить требования современной науки и общества восстановить союз человека с природой на новых основаниях, в котором будет не только единство природы и человека, но также науки, культуры и общества. Авторы дают публичное историко-философское рассмотрение научного познания, начиная с Ньютона, Лапласа и заканчивая его позднейшей критикой современными западными философами.

Группа подготовки издания:

Директор — Доминго Марин Риаой

Заместители директора — Наталья Финюгенова, Ирина Мамаева

Компьютерный дизайн — Виктор Романов

Верстка — Наталья Бекетова

Редакционно-корректурные работы — Елена Кудряшова

Обработка графики — Елена Ефремова

Обработка текста — Андрей Стулов

Техническая поддержка — Наталья Аригчева

Подписано «Эдиториал УРСС» 11.12.00, г. Москва, ул. Чернышевская, д. 20/1, к. 10/1; заказ ЛР 3644418 от 24.01.00 г. Типографский оригинал не

экспортирован в файл: \изд\1677\4Ц\3913 П. 170 1 99 от 10.03.99 г. Подписано в печать 20.03.2000 г. Формат 40х24/16. Тираж 3000 экз. Почта 19.5. Вал. 76.45

Отпечатано в ИОО «Изографиз ПРОМ» 121471, г. Москва, Можайское шоссе, 25.

ал УРСС

научная и учебная литература

Н Тел./факс: 7(095)135-44-23 Тел./факс: 7(095)135-42-46 E-mail: uiss@urss.ru Каталог изданий в Internet:
<http://urss.ru> ISBN 5-8360-0106-5 © I Prigogine, I Stengers, 1984 © Перевод на русский язык: Ю. А. Данилов, 1986

Сканирование: Янко Слава

yanko_slava@yahoo.com

<http://www.chat.ru/~yankos/ya.html>

Icq# 75088656

**И. Пригожин И.
Стенгерс**

**ПОРЯДОК ИЗ
ХАОСА**

Новый диалог человека с природой

Перевод с английского
Ю. А. Данилова

Общая редакция и
послесловие *В. И.*
Аришинова, Ю. Л.
Климонтовича и Ю. В.
Сачкова

Издание второе

Эдиториал УРСС • Москва • 2000

**Пригожин Илья, Стенгерс
Изабелла Порядок из хаоса.
Новый диалог человека с
природой**

Пер. с англ. — М.: Эдиториал УРСС,

2000. — 312 с.

ISBN 5-8360-0106-5

Книга известного бельгийского физико-химика, лауреата Нобелевской премии И. Пригожина и его соавтора И. Стенгерс посвящена рассмотрению науки и философии XIX и XX вв. с позиций науки второй половины нашего столетия, а также проблемам и особенностям современного научного мышления. Цель книги — осмыслить путь, пройденный наукой и познанием и изложить требования современной науки и общества восстановить союз человека с природой на новых основаниях, в котором будет не только единство природы и человека, но также науки, культуры и общества. Авторы дают глубокое историко-философское

рассмотрение научного познания, начиная с Ньютона, Лапласа и заканчивая его позднейшей критикой современными западными философами.

Группа подготовки издания:

Директор — Доминго Марин Рикой

Заместители директора — Наталья
Финогенова, Ирина Макеева

Компьютерный дизайн — Виктор
Романов

Верстка — Наталия Бекетова

Редакционно-корректурные работы —
Елена Кудряшова

Обработка графики — Елена
Ефремова

Обработка текста — Андрей Стулов

Техническая поддержка — Наталья
Аринчева

Издательство «Эдиториал УРСС». 113208, г Москва,
ул. Чертановская, д. 2/11, к п Лицензия ЛР №064418
от 24.01 96 г. Гигиенический сертификат на выпуск
книжной продукции №77.ФЦ.8.953 П. 270.3.99 от
30.03.99 г. Подписано к печати 20.03.2000 г Формат
60x84/16 Тираж 3000 экз Печ л. 19,5 Зак. № 65

Отпечатано в ТОО «Типография ПЭМ». 121471. г
Москва, Можайское шоссе, 25.

риал УРСС

научная и учебная литература

Н Тел./факс: 7(095)135-44-23 Тел./факс:
7(095)135-42-46 E-mail: uiss@urss.ru

Каталог изданий в *Internet*: <http://urss.ru>

ISBN 5-8360-0106-5 © I.Prigogine,
I.Stengers, 1984 © Перевод на русский язык:
Ю.А.Данилов, 1986, 2000 © Эдиториал
УРСС, 2000

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Мы очень рады, что книга «Порядок из хаоса» выходит в Советском Союзе. Считаем своим приятным долгом поблагодарить проф. Ю.-Л. Климонтовича за интерес, проявленный к нашей

книге, ее переводчика Ю.А.Данилова за тщательность, с которой он выполнил свою работу, а также других лиц, способствовавших ее выходу на русском языке. Мысль о том, что благодаря их усилиям основные положения, выдвинутые в книге, станут известными и доступными для обсуждения в широких кругах советской научной общественности, доставляет нам глубокое удовлетворение. Мы убеждены, что такого рода обсуждения позволят обогатить и уточнить наши идеи.

Главная тема книги «Порядок из

хаоса» — переоткрытие понятия времени и конструктивная роль, которую необратимые процессы играют в явлениях природы. Возрождение проблематики времени в физике произошло после того, как термодинамика была распространена на необратимые процессы и найдена новая формулировка динамики, позволяющая уточнить значение необратимости на уровне фундаментальных законов физики.

Новая формулировка динамики стала возможной благодаря работам советских физиков и математиков, и прежде всего А. Н. Колмогорова, Я. Г.

Синяя, В. И. Арнольда. В частности, работам советской школы мы обязаны определением новых классов неустойчивых динамических систем, поведение которых можно охарактеризовать как случайное. Именно для таких систем А. Н. Колмогоров и Я. Г. Синяй ввели новое понятие энтропии и именно такие системы служат ныне моделями при введении необратимости на том же уровне динамического описания.

Мы считаем, что возрождение способа построения концептуальных основ динамических явлений вокруг

понятия динамической неустойчивости имело весьма глубокие последствия. В частности оно существенно расширяет наше понимание «закона природы».

Оглядываясь на прошлое, мы ясно видим, что понятие закона, доставшееся нам в наследство от науки XVII в., формировалось в результате изучения простых систем, точнее, систем с периодическим поведением, таким, как движение маятника или планет. Необычайные успехи динамики связаны со все более изящной и абстрактной формулировкой инструментов

описания, в центре которого находятся такие системы.

Именно простые системы являются тем частным случаем, в котором становится достижимым идеал исчерпывающего описания. Знание закона эволюции простых систем позволяет располагать всей полнотой информации о них, т. е. по любому мгновенному состоянию системы однозначно предсказывать ее будущее и восстанавливать прошлое. Тогда считалось, что ограниченность

наших знаний, конечная точность, с которой мы можем описывать системы, не имеют принципиального значения. Предельный переход от нашего финитного знания к идеальному описанию, подразумевающему бесконечную точность, не составлял особого труда и не мог привести к каким-либо неожиданностям.

Ныне же при рассмотрении неустойчивых динамических систем проблема предельного перехода приобретает решающее значение: только бесконечно точное описание, подразумевающее, что все знаки

бесконечного десятичного
разложения чисел, задающих
мгновенное состояние системы,
известны, могло бы позволить
отказаться от рассмотрения
поведения системы в терминах
случайности и восстановить идеал
детерминистического
динамического закона.

Наш общий друг Леон
Розенфельд, бывший
близким сотрудником
Нильса Бора и всю жизнь
изучавший и отстаивавший
основные положения

диалектического мышления,
подчеркивал, что
«включение спецификации
условий наблюдения в
описание явлений — не
произвольное решение, а
необходимость, диктуемая
самими законами
протекания явлений и
механизмом их наблюдения,
что делает эти условия
неотъемлемой частью
объективного описания

явлений» 0 . Эта идея, диалектическая по своей сущности, приобретает ныне решающее значение. В контексте неустойчивых динамических систем она приводит к требованию, делающему излишним особое изучение периодических систем, поскольку для таких систем это требование выполняется автоматически. Согласно последнему, о «физическом законе» какого-нибудь явления можно говорить лишь в том случае, когда этот закон является «грубым» относительно предельного перехода от описания с конечной точностью к описанию бесконечно точному и в

силу этого недостижимому для любого наблюдателя, кем бы он ни был.

Требование «грубости» по своей природе не связано с конечностью разрешающей способности прибора. Оно отражает не ограниченность наших возможностей производить наблюдения и измерения, а внутреннюю структуру описываемых нами явлений. В случае неустойчивых систем, в частности, из него следует неадекватный характер подобного представления физического объекта, придающего управляющим его эволюцией

взаимодействиям бесконечную
точность, на которой

1) *George C., Prigogine I ., Rosenfeld*

*L. The Macroscopic Level of Quantum
Mechanics // Det Kongelige Danske
Videnskabernes Selskab Matematisk-fysisk
Meddelelser. Copenhagen, 1972. Vol. 38, №12.
P. 39.*

5

единственно зиждется
детерминистическое описание.
Вместе с тем это требование
позволяет преодолеть вопиющее

противоречие между реальностью, мыслимой по сути атемпоральной, и эволюцией, материальной и исторической, которая создала людей, способных выдвинуть подобную концепцию.

В истории западной мысли господствующее положение занимает конфликт, связанный с понятием времени, — противоречие между инновационным временем раскрепощения человека и периодически повторяющимся временем стабильного материального мира, в котором любое изменение, любое новшество

с необходимостью оказываются не более чем видимостью. Как ни странно, но именно это противоречие послужило причиной острой дискуссии между Лейбницем и выразителем взглядов Ньютона английским философом Кларком. Переписка между Лейбницем и Кларком позволяет представить взгляды Ньютона в новом свете: природа для Ньютона была не просто автоматом, а несла в себе активное производительное начало. Однако позиция Ньютона чужда нам в силу присущих ей теологических аспектов. Вместе с тем нам очень близка утверждаемая

диалектическим материализмом
необходимость преодоления
противопоставления
«человеческой», исторической
сферы материальному миру,
принимаемому как атемпоральный
Мы глубоко убеждены, что
наметившееся сближение этих двух
противоположностей будет
усиливаться по мере того, как будут
создаваться средства описания
внутренне эволюционной
Вселенной, неотъемлемой частью
которой являемся и мы сами. Нет
сомнения в том, что описанная в
нашей книге трансформация
физических представлений по

своему значению выходит за пределы физических наук и может внести вклад в понимание той исторической реальности, которая является объектом диалектической мысли.

Первый вариант нашей книги, вышедшей на французском языке («La nouvelle alliance») в 1979 г., дополнялся и перерабатывался в последующих изданиях. В основу предлагаемого читателю русского перевода положено английское издание 1984 г. Ныне начинают появляться новые перспективы развития представленных в данной

книге идей в связи с понятием динамической неустойчивости в теории относительности и квантовой механике. Мы надеемся, что очередное дополненное издание этой книги позволит нам подробнее описать результаты этих исследований.

Февраль 1986г.

*Иль.
При
Иза
Стє*

Предисловие к английскому изданию

НОВЫЙ ДИАЛОГ ЧЕЛОВЕКА С ПРИРОДОЙ

Наше видение природы
претерпевает радикальные

изменения в сторону множественности, темпоральности и сложности. Долгое время в западной науке доминировала механистическая картина мироздания. Ныне мы сознаем, что живем в плюралистическом мире. Существуют явления, которые представляются нам детерминированными и обратимыми. Таковы, например, движения маятника без трения или Земли вокруг Солнца. Но существуют также и необратимые процессы, которые как бы несут в себе стрелу времени. Например, если слить две такие жидкости, как спирт и вода, то

из опыта известно, что со временем они перемешаются. Обратный процесс — спонтанное разделение смеси на чистую воду и чистый спирт — никогда не наблюдается. Следовательно, перемешивание спирта и воды — необратимый процесс. Вся химия, по существу, представляет собой нескончаемый перечень таких необратимых процессов.

Ясно, что, помимо детерминированных процессов, некоторые фундаментальные явления, такие, например, как биологическая эволюция или

эволюция человеческих культур, должны содержать некий вероятностный элемент. Даже ученый, глубоко убежденный в правильности детерминистических описаний, вряд ли осмелится утверждать, что в момент Большого взрыва, т.е. возникновения известной нам Вселенной, дата выхода в свет нашей книги была начертана на скрижалях законов природы. Классическая физика рассматривала фундаментальные процессы как детерминированные и обратимые. Процессы, связанные со случайностью или необратимостью, считались досадными исключениями

из общего правила. Ныне мы видим, сколь важную роль играют повсюду необратимые процессы и флуктуации.

Хотя западная наука послужила стимулом к необычайно плодотворному диалогу между человеком и природой, некоторые из последствий влияния естественных наук на общечеловеческую культуру далеко не всегда носили позитивный характер.

Например, противопоставление «двух культур» в значительной мере обусловлено конфликтом между вневременным подходом классической науки и

ориентированным во времени
подходом, доминировавшим в
подавляющем большинстве
социальных и гуманитарных наук.
Но за последние десятилетия в есте-

7

ствознании произошли
разительные перемены,
столь же неожиданные, как
рождение геометрии или
грандиозная картина
мироздания, нарисованная в

«Математических началах
натуральной философии»
Ньютона. Мы все глубже
осознаем, что на всех
уровнях — от элементарных
частиц до космологии —
случайность и
необратимость играют
важную роль, значение
которой возрастает по мере
расширения наших знаний.
*Наука вновь открывает для
себя время.* Описанию этой
концептуальной революции и

посвящена наша книга.

Революция, о которой идет речь,
происходит на всех уровнях:

на уровне элементарных частиц, в космологии, на уровне так называемой макроскопической физики, охватывающей физику и химию атомов или молекул, рассматриваемых либо индивидуально, либо глобально, как это делается, например, при изучении жидкостей или газов. Возможно, что именно на макроскопическом уровне концептуальный переворот в

естествознании прослеживается наиболее отчетливо. Классическая динамика и современная химия переживают в настоящее время период коренных перемен. Если бы несколько лет назад мы спросили физика, какие явления позволяет объяснить его наука и какие проблемы остаются открытыми, он, вероятно, ответил бы, что мы еще не достигли адекватного понимания элементарных частиц или космологической эволюции, но располагаем вполне удовлетворительными знаниями о процессах, протекающих в масштабах, промежуточных между

субмикроскопическим и космологическим уровнями. Ныне меньшинство исследователей, к которому принадлежат авторы этой книги и которое с каждым днем все возрастает, не разделяют подобного оптимизма: мы лишь начинаем понимать уровень природы, на котором живем, и именно этому уровню в нашей книге уделено основное внимание.

Для правильной оценки происходящего ныне концептуального перевооружения физики необходимо рассмотреть этот процесс в надлежащей

исторической перспективе. История науки — отнюдь не линейная развертка серии последовательных приближений к некоторой глубокой истине. История науки изобилует противоречиями, неожиданными поворотами. Значительную часть нашей книги мы посвятили схеме исторического развития западной науки, начиная с Ньютона, т.е. с событий трехсотлетней давности. Историю науки мы стремились вписать в историю мысли, с тем чтобы интегрировать ее с эволюцией западной культуры на протяжении последних трех столетий. Только так мы можем по достоинству оценить

неповторимость того момента, в который нам выпало жить.

В доставшемся нам научном наследии имеются два фундаментальных вопроса, на которые нашим предшественникам не удалось найти ответ. Один из них — вопрос об отношении хаоса и порядка. Знаменитый закон возрастания энтропии описывает мир как непрестанно

эволюционирующий от порядка к хаосу. Вместе с тем, как показывает биологическая или социальная эволюция, сложное возникает из простого. Как такое может быть? Каким образом из хаоса может возникнуть структура? В ответе на этот вопрос ныне удалось продвинуться довольно далеко. Теперь нам известно, что неравновесность — поток вещества или энергии — может быть источником порядка.

Но существует и другой, еще более фундаментальный вопрос. Классическая или квантовая физика

описывает мир как обратимый, статичный. В их описании нет места эволюции ни к порядку, ни к хаосу. Информация, извлекаемая из динамики, остается постоянной во времени. Налицо явное противоречие между статической картиной динамики и эволюционной парадигмой термодинамики. Что такое необратимость? Что такое энтропия? Вряд ли найдутся другие вопросы, которые бы столь часто обсуждались в ходе развития науки. Лишь теперь мы начинаем достигать той степени понимания и того уровня знаний, которые позволяют в той или иной мере ответить на эти

вопросы. Порядок и хаос — сложные понятия. Единицы, используемые в статическом описании, которое дает динамика, отличаются от единиц, которые понадобились для создания эволюционной парадигмы, выражаемой ростом энтропии. Переход от одних единиц к другим приводит к новому понятию материи. Материя становится «активной»: она порождает необратимые процессы, а необратимые процессы организуют материю.

По традиции, естественные науки имеют дело с общеутвердительными

или общеотрицательными суждениями, а гуманитарные науки — с частно-утвердительными или частно-отрицательными суждениями.

Конвергенция естественных и гуманитарных наук нашла свое отражение в названии французского варианта нашей книги «La Nouvelle Alliance» («Новый альянс»), выпущенной в 1979 г. в Париже издательством Галлимар. Однако нам не удалось найти подходящего английского эквивалента этого названия. Кроме того, текст английского варианта отличается от французского издания (особенно значительны расхождения

в гл. 7-9). Хотя возникновение структур в результате неравновесных процессов было вполне адекватно изложено во французском издании (и последовавших затем переводах на другие языки), нам пришлось почти полностью написать заново третью часть, в которой речь идет о результатах наших последних исследований, о корнях понятия времени и формулировке эволюционной парадигмы в рамках естественных наук.

Мы рассказываем о событиях недавнего прошлого. Концептуальное перевооружение физики еще далеко

от своего завершения. Тем не менее мы считаем необходимым изложить ситуацию такой, как она представляется нам сейчас. Мы испытываем душевный подъем, ибо начинаем различать путь, ведущий от того, что уже стало, явилось, к тому, что еще только становится, возникает. Один из нас посвятил изуче-

нию проблемы такого перехода большую часть своей научной жизни

и, выражая удовлетворение и радость по поводу эстетической привлекательности полученных результатов, надеется, что читатель поймет его чувства и разделит их. Слишком затянулся конфликт между тем, что считалось вечным, вневременным, и тем, что разворачивалось во времени. Мы знаем теперь, то существует более тонкая форма реальности, объемлющая и время, и вечность.

Наша книга является итогом коллективных усилий, в который внесли свой вклад многие коллеги и друзья. К сожалению, мы не можем

поблагодарить каждого из них в отдельности. Вместе с тем нам хотелось бы особенно подчеркнуть нашу признательность Эриху Янчу, Аарону Качальскому, Пьеру Ресибуа и Леону Розенфельду, которых уже нет с нами. Свою книгу мы решили посвятить их памяти.

Мы хотим также поблагодарить за постоянную поддержку такие организации, как Международный институт физики и химии (Institut Internationaux de Physique et de Chimie), основанный Э. Сольве, и Фонд Роберта А. Уэлча.

Человечество переживает переходный период. В момент демографического взрыва наука должна, по-видимому, играть важную роль. Необходимо поэтому с большим вниманием, чем когда-либо, следить за тем, чтобы каналы связи между наукой и обществом оставались открытыми. Современное развитие западной науки вырвало ее из культурной среды XVII в., в которой зародилась наша наука. Мы глубоко убеждены в том, что современная наука представляет собой универсальное послание, содержание которого более приемлемо для других культурных

традиций.

За последние десятилетия книги Олвина Тоффлера сыграли важную роль, обратив внимание широких кругов общественности на некоторые особенности «третьей волны», характеризующей наше время. Мы весьма признательны О.Тоффлеру за то, что он любезно согласился написать предисловие к английскому варианту нашей книги. Английский — не наш родной язык. Мы считаем, что каждый язык позволяет по-своему, несколько иначе, чем другие, описывать объемлющую нас реальность.

Некоторые из специфических особенностей языка оригинала сохраняются даже при самом тщательном переводе. Мы весьма признательны Джозефу Эрли, Яну Макгилврею, Кэрол Терстон и особенно Карлу Рубино за помощь при подготовке английского варианта нашей книги. Мы хотели бы также выразить нашу глубокую благодарность Памеле Пейп, тщательно перепечатавшей несколько последовательных приближений к окончательному варианту текста книги «Порядок из хаоса».

Введение ВЫЗОВ НАУКЕ

1

Не будет преувеличением сказать, что 28 апреля 1686 г. — одна из величайших дат в истории человечества. В этот день Ньютон представил Лондонскому королевскому обществу свои «Математические начала

натуральной философии». В них не только были сформулированы основные законы движения, но и определены такие фундаментальные понятия, как масса, ускорение и инерция, которыми мы пользуемся и поныне. Но, пожалуй, самое сильное впечатление на ученый мир произвела Книга III ньютоновских «Начал» — «О системе мира», в которой был сформулирован закон всемирного тяготения. Современники Ньютона тотчас же оценили уникальное значение его труда. Гравитация стала предметом обсуждения в Лондоне и Париже.

С выхода в свет первого издания ньютоновских «Начал» прошло триста лет. Наука росла невероятно быстро и проникла в повседневную жизнь каждого из нас. Наш научный горизонт расширился до поистине фантастических пределов. На микроскопическом конце шкалы масштабов физика элементарных частиц

занимается изучением
процессов,
разыгрывающихся на
длинах порядка 10^{-15} см за
время порядка 10^{-22} с. На
другом конце шкалы
космология изучает
процессы, происходящие за
время порядка 10^{10} лет
(возраст Вселенной). Как никогда
близки наука и техника. Помимо
других факторов, новые
биотехнологии и прогресс
информационно-вычислительной

техники обещают коренным образом изменить самый уклад нашей жизни.

Параллельно с количественным ростом науки происходят глубокие качественные изменения, отзвуки которых выходят далеко за рамки собственно науки и оказывают воздействие на наше представление о природе. Великие основатели западной науки подчеркивали универсальность и вечный характер законов природы. Высшую задачу науки они усматривали в том, чтобы сформулировать общие схемы, которые бы совпадали с идеалом рационального. В предисловии к

сборнику работ Исаяи Берлина
«Против течения» Роджер Хаусхер
пишет об этом следующее:

«Они были заняты поиском
всеобъемлющих схем, универсальных
объединяющих основ, в рамках
которых можно было бы
систематически, т.е. логическим
путем или путем прослеживания
причинных

зависимостей,

обосновать

взаимосвязь всего сущего, грандиозных построений, в которых не должно оставаться места для спонтанного, непредсказуемого развития событий, где все происходящее, по крайней мере в принципе, должно быть объяснимо помощью незыблемых общих законов» [I].

История поисков рационального объяснения мира драматична. Временами казалось, что столь амбициозная программа близка к завершению: перед взором ученых открывался фундаментальный уровень, исходя из которого можно

было вывести все остальные свойства материи. Приведем лишь два примера такого прозрения истины. Один из них — формулировка знаменитой модели атома Бора, позволившей свести все многообразие атомов к простым планетарным системам из электронов и протонов. Другой период напряженного ожидания наступил, когда у Эйнштейна появилась надежда на включение всех физических законов в рамки так называемой единой теории поля. В унификации некоторых из действующих в природе фундаментальных сил действительно

был достигнут значительный прогресс. Но столь желанный фундаментальный уровень по-прежнему ускользает от исследователей. Всюду, куда ни посмотри, обнаруживается эволюция, разнообразие форм и неустойчивости. Интересно отметить, что такая картина наблюдается на всех уровнях — в области элементарных частиц, в биологии и в астрофизике с ее расширяющейся Вселенной и образованием черных дыр.

Как уже упоминалось в предисловии, наше видение природы

претерпевает радикальные изменения в сторону множественности, темпоральности и сложности. Весьма примечательно, что неожиданная сложность, обнаруженная в природе, привела не к замедлению прогресса науки, а, наоборот, способствовала появлению новых концептуальных структур, которые ныне представляются существенными для нашего понимания физического мира — мира, частью которого мы являемся. Именно эту новую, беспрецедентную в истории науки ситуацию мы и хотим проанализировать в нашей книге.

История трансформации наших представлений о науке и природе вряд ли отделима от другой истории — чувств и эмоций, вызываемых наукой. С каждой интеллектуальной программой всегда связаны новые надежды, опасения и ожидания. В классической науке основной акцент делался на законах, не зависящих от времени. Предполагалось, что, как только произвольно выбранное мгновенное состояние системы будет точно измерено, обратимые законы науки позволят предсказать будущее системы и полностью восстановить ее прошлое. Вполне естественно, что такого рода поиск вечной истины,

таящийся за изменчивыми явлениями, вызывал энтузиазм. Нужно ли говорить, сколь сильное потрясение пережили ученые, осознав, что классическое описание в действи-

тельности принижает природу: именно успехи, достигнутые наукой, позволили представить природу в виде некоего автомата или робота.

Потребность свести многообразие

природы к хитросплетению иллюзий
свойственна западной мысли со
времен греческих атомистов.
Лукреций, популяризируя учения
Демокрита и Эпикура, писал, что
мир — «всего лишь» атомы и пустота
и он вынуждает нас искать скрытое
за видимым:

Чтоб к словам моим ты с
недоверием все же не
отнесся, Из-за того, что
начала вещей недоступны для
глаза, Выслушав то, что скажу,
и ты сам, несомненно,
признаешь, Что существуют
тела, которых мы видеть не

можем [2].

Хорошо известно, однако, что побудительным мотивом в работах греческих атомистов было стремление не принизить природу, а освободить человека от страха — страха перед любым сверхъестественным существом или порядком, превосходящим порядки, устанавливаемые людьми или природой. Лукреций неоднократно повторяет, что бояться нам нечего, что в мире нет ничего, кроме вечно изменяющихся комбинаций атомов в пустоте.

Современная наука превратила по существу этическую установку древних атомистов в установленную истину, и эта истина — сведение природы к атомам и пустоте — в свою очередь породила то, что Ленобль [3] назвал «беспокойством современных людей». Каким образом мы сознаем себя в случайном мире атомов? Не следует ли определять науку через разрыв, пролегающий между человеком и природой?

«Все тела, небесный свод, звезды. Земля и ее царства не идут в сравнение с самым низким из умов,

ибо ум несет в себе знание обо всем этом, тела же не ведают ничего» [4]. Эта мысль Паскаля пронизана тем же ощущением отчуждения, какое мы встречаем и у таких современных ученых, как Жак Моно:

«Человек должен наконец пробудиться от тысячелетнего сна, и, пробудившись, он окажется в полном одиночестве, в абсолютной изоляции. Лишь тогда он наконец осознает, что, подобно цыгану, живет на краю чуждого ему мира. Мира, глухого к его музыке, безразличного к его чаяниям, равно как и к его страданиям или преступлениям» [5].

Парадокс! Блестящий успех молекулярной биологии — расшифровка генетического кода, в которой Моно принимал самое деятельное участие, — завершается на трагической ноте. Именно это блестящее достижение человеческого разума, говорит нам Моно, превращает нас в безродных бродяг, кочующих по окраинам Вселенной. Как это объяснить? Разве наука не средство связи, не диалог человека с природой?

В прошлом нередко проводились существенные различия между миром человека и миром природы,

который предполагался чуждым

13

человеку. Наиболее ярко это умонастроение передано в знаменитом отрывке из «Новой науки» Вико:

«...В ночи беспросветного мрака, окутывающего раннюю античность, столь далекую от нас, сияет вечный немеркнущий свет бесспорной истины: мир цивилизованного общества заведомо сотворен

людьми, поэтому принципы, на которых он зиждется, надлежит искать в изменчивости нашего собственного человеческого разума. Всякий, кому случилось поразмыслить над этим, не может не удивляться, зачем нашим философам понадобилось затратить столько энергии на изучение мира природы, известного лишь одному господу богу с тех пор, как тот сотворил этот мир, и почему они пренебрегли изучением мира наций, или цивилизованного мира, созданного людьми и познаваемого ими» [б].

Современные исследования все

дальше уводят нас от противопоставления человека миру природы. Одну из главных задач нашей книги мы видим в том, чтобы показать растущее согласие наших знаний о человеке и природе — согласие, а не разрыв и противопоставление.

2

В прошлом искусство вопрошать природу, умение задавать ей вопросы принимало самые различные формы. Шумеры создали письменность. Шумерские жрецы были убеждены в

том, что будущее запечатлено тайными письменами в событиях, происходящих вокруг нас в настоящем. Шумеры даже систематизировали свои воззрения в причудливом смешении магических и рациональных элементов [7]. В этом смысле мы можем утверждать, что западная наука, начавшаяся в XVII в., лишь открыла новую главу в длящемся с незапамятных времен нескончаемом диалоге человека и природы.

Александр Койре [8] определил нововведение, привнесенное современной наукой, термином

«экспериментирование».

Современная наука основана на открытии новых, специфических форм связи с природой, т.е. на убеждении, что природа отвечает на экспериментальные вопросы. Каким образом можно было бы дать более точное определение экспериментальному диалогу? Экспериментирование означает не только достоверное наблюдение подлинных фактов, не только поиск эмпирических зависимостей между явлениями, но и предполагает систематическое взаимодействие между теоретическими понятиями и наблюдением.

Ученые на сотни различных ладов выражали свое изумление по поводу того, что при правильной постановке вопроса им удастся разгадать любую головоломку, которую задает им природа. В этом отношении наука подобна игре двух партнеров, в которой нам необходимо предугадать

14

поведение реальности, не зависящей от наших убеждений, амбиций или надежд. Природу невозможно заставить говорить то, что нам хотелось бы услышать. Научное

исследование — не монолог. Задавая вопрос природе, исследователь рискует потерпеть неудачу, но именно риск делает эту игру столь увлекательной.

Но уникальность западной науки отнюдь не исчерпывается такого рода методологическими соображениями. Обсуждая нормативное описание научной рациональности, Карл Поппер был вынужден признать, что в конечном счете рациональная наука обязана своим существованием достигнутым успехам: научный метод применим лишь благодаря отдельным удивительным

совпадением между априорными теоретическими моделями и экспериментальными результатами [9]. Наука — игра, связанная с риском, но тем не менее науке удалось найти вопросы, на которые природа дает непротиворечивые ответы.

Успех западной науки — исторический факт, непредсказуемый априори, с которым, однако, нельзя не считаться. Поразительный успех современной науки

привел к необратимым
изменениям наших
отношений с природой. В
этом смысле термин
«научная революция»
следует считать вполне
уместным и правильно
отражающим существо
дела. История человечества
отмечена и другими
поворотными пунктами.
другими исключительными
стечениями обстоятельств,

приводившими к
необратимым изменениям.
Одно из таких событий
решающего значения
известно под названием
неолитической революции.

Как и в случае «выборов»,
производимых в ходе
биологической эволюции,
мы можем строить лишь
более или менее
правдоподобные догадки
относительно того, почему

неолитическая революция протекала так, а не иначе, в то время как относительно решающих эпизодов в эволюции науки мы располагаем богатой информацией. Так называемая неолитическая революция длилась тысячелетия. Несколько упрощая, можно утверждать, что научная революция началась всего

лишь триста лет назад.

Нам представляется, по-видимому, уникальная возможность полностью разобраться в том характерном и поддающемся анализу переплетении случайного и необходимого, которое отличает научную революцию.

Наука начала успешный диалог с природой. Вместе с тем первым результатом этого диалога явилось открытие безмолвного мира. В этом — парадокс классической науки. Она открыла людям мертвую, пассивную природу, поведение которой с полным основанием

можно сравнить с поведением автомата: будучи запрограммированным, автомат неукоснительно следует предписаниям, заложенным в программе. В этом смысле диалог с природой вместо того, чтобы способствовать сближению человека с природой, изолировал его от нее. Триумф человеческого разума обернулся печальной истиной. Наука развенчала все, к чему ни прикоснулась.

Современная наука устрашила и своих противников, видевших в ней смертельную угрозу, и даже кое-кого из своих приверженцев, усматривавших в «открытой» наукой изоляции человека плату, взимаемую с нас за новую рациональность.

Ответственность за нестабильное положение науки в обществе, по крайней мере отчасти, может быть возложена на напряженность, возникшую в культуре с появлением классической науки. Бесспорно, что классическая наука привела к героическому принятию суровых выводов из рациональности мира. Но

столь же несомненно, что именно классическая наука стала причиной, по которой рациональность была решительно и безоговорочно отвергнута. В дальнейшем мы еще вернемся к современным антинаучным движениям, а пока приведем более давний пример — иррационалистское движение 20-х гг. в Германии, на фоне которого зарождалась квантовая механика [10]. В противовес науке, отождествлявшейся с такими понятиями, как причинность, детерминизм, редукционизм и рациональность, в Германии тех лет маховым цветом расцвели

отрицаемые наукой идеи, в которых противники науки усматривали выражение иррациональности, якобы присущей природе. Жизнь, судьба, свобода и спонтанность воспринимались иррационалистами как внешние проявления призрачного потустороннего мира, недоступного человеческому разуму. Не вдаваясь в анализ конкретной общественно-политической обстановки, сложившейся в Германии 20-х гг. и породившей разнузданную антинаучную кампанию, заметим лишь, что отказ от рациональности продемонстрировал, какие опасности сопровождают

классической науке. Признавая один субъективный смысл за суммой опыта, имеющего, по мнению тех или иных людей, определенную ценность, наука рискует перенести этот опыт в сферу иррационального, наделив его поистине всесокрушающей силой.

Как подчеркивал Джозеф Нидэм, западноевропейская мысль всегда испытывала колебания между миром-автоматом и теологией с ее миром, безраздельно подвластным богу. В этой раздвоенности — суть того, что Нидэм называет «характерной европейской

шизофренией» [Ш]. В действительности оба взгляда на мир взаимосвязаны. Автомату необходим внешний бог.

Сколь остро стоит перед нами проблема описанного выше трагического выбора? Действительно ли нам необходимо выбирать между наукой, приводящей к отчуждению человека от природы, и антинаучным метафизическим взглядом на мир? Авторы предлагаемой вниманию читателя книги убеждены в том, что в настоящее время необходимость в подобного рода выборе отпала, поскольку изменения, происходящие

в современной науке, породили ситуацию, в корне отличную от прежней. Дело в том, что эволюция науки, начавшаяся совсем недавно, предоставляет нам уникальную возможность переоценки

места, занимаемого наукой в общечеловеческой культуре. Современное естествознание зародилось в специфических условиях, сложившихся в Европе XVII в. Нам, живущим в конце XX в.,

накопленный опыт позволяет утверждать, что наука выполняет некую универсальную миссию, затрагивающую взаимодействие не только человека и природы, но и человека с человеком.

3

От каких предпосылок классической науки удалось избавиться современной науке? Как правило, от тех, которые были сосредоточены вокруг

основополагающего тезиса,
согласно которому на
определенном уровне *мир*
устроен просто и подчиняется
обратимым во времени
фундаментальным законам.
Подобная точка зрения
представляется нам сегодня
чрезмерным упрощением. Разделять
ее означает уподобляться тем, кто
видит в зданиях лишь
нагромождение кирпича. Но из
одних и тех же кирпичей можно
построить и фабричный корпус, и
дворец, и храм. Лишь рассматривая
здание как единое целое, мы

обретаем способность воспринимать его как продукт эпохи, культуры, общества, стиля. Существует и еще одна вполне очевидная проблема: поскольку окружающий нас мир никем не построен, перед нами возникает необходимость дать такое описание его мельчайших «кирпичиков» (т.е. микроскопической структуры мира), которое объясняло бы процесс самосборки.

Предпринятый классической наукой поиск истины сам по себе может служить великолепным примером той раздвоенности,

которая отчетливо прослеживается на протяжении всей истории западноевропейской мысли. Традиционно лишь неизменный мир идей считался, если воспользоваться выражением Платона, «освященным солнцем умопостигаемого». В том же смысле научную рациональность было принято усматривать лишь в вечных и неизменных законах. Все же временное и преходящее рассматривалось как иллюзия. Ныне подобные взгляды считаются ошибочными. Мы обнаружили, что в природе существенную роль играет далеко не иллюзорная, а вполне реальная необратимость, лежащая в

основе большинства процессов самоорганизации. Обратимость и жесткий детерминизм в окружающем нас мире применимы только в простых предельных случаях. Необратимость и случайность отныне рассматриваются не как исключение, а как общее правило.

Отрицание времени и сложности занимало центральное место в культурных проблемах, возникавших в связи с научными исследованиями в их классическом определении. Понятия времени и сложности, не дававшие покоя многим поколениям

естествоиспытателей и философов, имели решающее значение и для тех метаморфоз науки, о которых

17

пойдет речь в дальнейшем. В своей замечательной книге «Природа физического мира» Артур Эддингтон [12] ввел различие между первичными и вторичными

законами.

Первичным

законам

подчиняется

поведение

отдельных

частиц, в то время как

вторичные законы применимы

к совокупностям, или ансамблям,

атомов или молекул. Подчеркивание

роли вторичных законов означает,

что описания поведения

элементарных компонент

недостаточно для понимания

системы как целого. Ярким

примером вторичного закона, по

Эддингтону, может служить второе

начало термодинамики — закон,

который вводит в физику «стрелу

времени». Вот что пишет о втором начале термодинамики Эддингтон:

«С точки зрения философии науки концепцию, связанную с энтропией, несомненно, следует отнести к одному из наиболее значительных вкладов XIX в. в научное мышление. Эта концепция ознаменовала реакцию на традиционную точку зрения, согласно которой все достойное внимания науки может быть открыто лишь путем рассеечения объектов на микроскопические части» [13].

В наши дни тенденция, о которой

упоминает Эддингтон, необычайно усилилась. Нужно сказать, что некоторые из наиболее крупных открытий современной науки (такие, как открытие молекул, атомов или элементарных частиц) действительно были совершены на микроскопическом уровне. Например, выделение специфических молекул, играющих важную роль в механизме жизни, по праву читается выдающимся достижением молекулярной биологии. Достигнутый ею успех был столь впечатляющим, что для многих ученых цель проводимых ими исследований стала

отождествляться, по выражению Эддингтона, с «рассечением объектов на микроскопические части». Что же касается второго начала термодинамики, то оно впервые заставило усомниться в правильности традиционной концепции природы, объяснявшей сложное путем сведения его к простоте некоего скрытого мира. В наши дни основной акцент научных исследований переместился с субстанции на отношение, связь, время.

Столь резкое изменение перспективы отнюдь не является

результатом принятия произвольного решения. В физике нас вынуждают к нему новые непредвиденные открытия. Кто бы мог ожидать, что многие (если даже не все) элементарные частицы окажутся нестабильными? Кто бы мог ожидать, что с экспериментальным подтверждением гипотезы расширяющейся Вселенной перед нами откроется возможность проследить историю окружающего нас мира как единого целого?

К концу XX в. мы научились глубже понимать смысл двух великих революций в естествознании,

оказавших решающее воздействие на формирование современной физики: создания квантовой механики и теории относительности. Обе революции начались с попыток исправить классическую механику путем введения в нее вновь найденных

18

универсальных постоянных. Ныне ситуация изменилась. Квантовая механика дала нам теоретическую основу для описания нескончаемых превращений одних частиц в другие.

Аналогичным образом общая теория относительности стала тем фундаментом, опираясь на который мы можем проследить тепловую историю Вселенной на ее ранних стадиях.

По своему характеру наша Вселенная плюралистична, комплексна. Структуры могут исчезать, но могут и возникать. Одни процессы при существующем уровне знаний допускают описание с помощью детерминированных уравнений, другие требуют привлечения вероятностных соображений.

Как можно преодолеть явное противоречие между детерминированным и случайным? Ведь мы живем в едином мире. Как будет показано в дальнейшем, мы лишь теперь начинаем по достоинству оценивать значение всего круга проблем, связанных с необходимостью и случайностью. Кроме того, мы придаем совершенно иное, а иногда и прямо противоположное, чем классическая физика, значение различным наблюдаемым и описываемым нами явлениям. Мы уже упоминали о том, что по существовавшей ранее традиции фундаментальные

процессы было принято считать детерминированными и обратимыми, а процессы, так или иначе связанные со случайностью или необратимостью, трактовать как исключения из общего правила. Ныне мы повсюду видим, сколь важную роль играют необратимые процессы, флуктуации. Модели, рассмотрением которых занималась классическая физика, соответствуют, как мы сейчас понимаем, лишь предельным ситуациям. Их можно создать искусственно, поместив систему в ящик и подождав, пока она не придет в состояние равновесия.

Искусственное может быть детерминированным и обратимым. Естественное же непременно содержит элементы случайности и необратимости. Это замечание приводит нас к новому взгляду на роль материи во Вселенной. Материя — более не пассивная субстанция, описываемая в рамках механистической картины мира, ей также свойственна спонтанная активность. Отличие нового взгляда на мир от традиционного столь глубоко, что, как уже упоминалось в предисловии, мы можем с полным основанием говорить о новом диалоге человека с природой.

Наша книга повествует о концептуальных метаморфозах, которые произошли в науке от «золотого века» классической науки до современности. К описанию этих метаморфоз ведут многие пути. Мы могли бы проанализировать проблемы физики элементарных частиц или проследить за увлекательным развитием событий, разыгравшихся

недавно в астрофизике. И физика элементарных частиц, и современная астрофизика существенно расширили границы науки. Но, как уже упоминалось в предисловии, за последние годы было обнаружено так много новых свойств и особенностей явлений природы, протекающих на промежуточном уровне, что мы решили сосредоточить все внимание на этом уровне — на проблемах, относящихся главным образом к макроскопическому миру, состоящему из огромного числа

атомов и молекул, в том числе и биомолекул. Вместе с тем нельзя не подчеркнуть, что на любом уровне, будь то теория элементарных частиц, химия, биология или космология, развитие науки происходит более или менее параллельно. В любом масштабе самоорганизация, сложность и время играют неожиданно новую роль.

Наша цель состоит в том, чтобы с определенной точки зрения рассмотреть, как развивалась наука за последние триста лет.

Произведенный нами отбор материала заведомо субъективен. Дело в том, что проблема времени всегда находилась в центре научных интересов одного из нас и ее исследованием он занимался всю свою жизнь. Еще в бытность свою студентом Брюссельского университета, где ему довелось впервые соприкоснуться с физикой и

химией, он был поражен, как мало могут сказать естественные науки о времени (скудость естественнонаучных представлений о времени была тем более очевидна для него, что еще до поступления в университет он изучал цикл гуманитарных дисциплин, из которых ведущими были история и археология).

Испытанное им чувство удивления могло привести его к одной из двух позиций относительно проблемы времени, многочисленные примеры которых неоднократно встречались в прошлом: к полному пренебрежению проблемой времени, поскольку в классической науке нет места времени, и к поиску какого-нибудь другого

способа постижения природы, в котором бы времени отводилась иная, более существенная по своему значению роль. Именно второй путь избрали Бергсон и Уайтхед, если ограничиться именами лишь двух философов XX в. Первую позицию можно было бы назвать *позитивистской*, вторую — *метафизической*.

Существует, однако, и третий путь: можно было задать вопрос, не объясняется ли простота временной эволюции, традиционно рассматриваемой в физике и химии, тем, что в этих науках основное внимание уделяется чрезмерно упрощенным ситуациям — грудам кирпича вместо храма, о котором мы уже упоминали.

Наша книга состоит из трех частей. В первой части мы расскажем о триумфе классической науки и культурных последствиях этого триумфа. (Первоначально науку встречали с энтузиазмом.) Затем мы

опишем поляризацию культуры, к которой привела классическая наука и ее поразительный успех. Воспринимать ли нам этот успех как таковой, быть может ограничивая проистекающие из него последствия, или сам

научный метод должен быть отвергнут как неполный или иллюзорный? Какой бы ответ мы ни избрали, результат окажется одним и тем же:

столкновение между тем, что часто принято называть «двумя культурами», — между естественными науками и гуманитарным знанием.

С самого зарождения классической науки западноевропейская мысль придавала этим вопросам первостепенное значение. К проблеме выбора мы возвращаемся неоднократно. Именно в вопросе «Чему отдать предпочтение?» Исайя Берлин справедливо усматривает начало раскола между естественными и гуманитарными

науками:

«Специальное и уникальное или повторяющееся и общее, универсальное, конкретное или абстрактное, вечное движение или покой, внутреннее или внешнее, качество или количество, зависимость от культуры или вневременные принципы, борение духа и самоизменение как постоянное состояние человека или возможность (и желательность) покоя, порядка, окончательной гармонии и удовлетворение всех разумных человеческих желаний — таковы некоторые аспекты этой

противоположности» [14].

Немало страниц нашей книги посвящено классической механике. Мы считаем, что она представляет собой «наблюдательный пункт», из которого особенно удобно следить за трансформацией, переживаемой современной наукой. В классической динамике особенно ярко и четко запечатлен статический взгляд на природу. Время низведено до роли параметра, будущее и прошлое эквивалентны. Квантовая механика подняла много новых проблем, не затронутых классической динамикой, но сохранила целый ряд

концептуальных позиций классической динамики, в частности по кругу вопросов, относящихся ко времени и процессу.

Первые признаки угрозы грандиозному ньютоновскому построению появились еще в начале XIX в. — в период торжества классической науки, когда ньютоновская программа занимала господствующее положение во французской науке, а та в свою очередь доминировала в Европе. Во второй части нашей книги мы проследим за развитием науки о теплоте — сопернице ньютоновской

теории тяготения, начиная с первой «перчатки», брошенной классической динамике, когда Фурье сформулировал закон теплопроводности. Теория Фурье была первым количественным описанием явления, немыслимого в классической динамике, — необратимого процесса.

Два потомка теории теплоты по прямой линии — наука о превращении энергии из одной формы в другую и теория тепловых машин — совместными усилиями привели к созданию первой «неклассической» науки —

термодинамики. Ни один из вкладов в сокровищницу науки, внесенных термодинамикой, не может сравниться по новизне со знаменитым вторым началом термодинамики, с появлением которого-

21

го в физику впервые вошла «стрела времени». Введение односторонне направленного времени было составной частью более широкого движения западноевропейской

мысли. Двадцатый век по праву может быть назван веком эволюции: биология, геология и социология стали уделять в XIX в. все большее внимание изучению процессов возникновения новых структурных элементов, увеличения сложности. Что же касается термодинамики, то в основе ее лежит различие между двумя типами процессов: обратимыми процессами, не зависящими от направления времени, и необратимыми процессами, зависящими от направления времени. С примерами обратимых и необратимых процессов мы познакомимся в дальнейшем.

Понятие энтропии для того и было введено, чтобы отличать обратимые процессы от необратимых: энтропия возрастает только в результате необратимых процессов.

На протяжении XIX в. в центре внимания находилось исследование конечного состояния термодинамической эволюции. Термодинамика XIX в. была равновесной термодинамикой. На неравновесные процессы

смотрели как на
второстепенные детали,
возмущения, мелкие
несущественные
подробности, не
заслуживающие
специального изучения. В
настоящее время ситуация
полностью изменилась.
Ныне мы знаем, что вдали
от равновесия могут
спонтанно возникать новые
типы структур. В сильно

неравновесных условиях
может совершаться переход
от беспорядка, теплового
хаоса, к порядку. Могут
возникать новые
динамические состояния
материи, отражающие
взаимодействие данной
системы с окружающей
средой. Эти новые
структуры мы назвали
диссипативными
структурами, стремясь
подчеркнуть конструктивную роль

диссипативных процессов в их образовании.

В нашей книге приведены некоторые из методов, разработанных в последние годы для описания того, как возникают и эволюционируют диссипативные структуры. При изложении их мы впервые встретимся с такими ключевыми словами, как «нелинейность», «неустойчивость», «флуктуация», проходящими через всю книгу, как лейтмотив. Эта триада начала проникать в наши взгляды на мир и за пределами физики и химии.

При обсуждении
противоположности между
естественными и гуманитарными
науками мы процитировали слова
Исайи Берлина. Специфичное и
уникальное Берлин
противопоставлял повторяющемуся и
общему. Замечательная особенность
рассматриваемых нами процессов
заключается в том, что при переходе
от равновесных условий к сильно
неравновесным мы переходим от
повторяющегося и общего к
уникальному и специфичному.
Действительно, законы равновесия
обладают высокой общностью: они
универсальны. Что же касается

поведения материи вблизи состояния равновесия, то ему свойственна «повторяемость». В то же время вдали от равновесия начинают действовать

22

различные механизмы, соответствующие возможности возникновения диссипативных структур различных типов. Например, вдали от равновесия мы можем наблюдать возникновение химических часов — химических

реакций с характерным когерентным (согласованным) периодическим изменением концентрации реагентов. Вдали от равновесия наблюдаются также процессы самоорганизации, приводящие к образованию неоднородных структур — неравновесных кристаллов.

Следует особо подчеркнуть, что такое поведение сильно неравновесных систем довольно неожиданно. Действительно, каждый из

нас интуитивно
представляет себе, что
химическая реакция
протекает примерно
следующим образом:
молекулы «плавают» в
пространстве, сталкиваются
и, перестраиваясь в
результате столкновения,
превращаются в новые
молекулы. Хаотическое
поведение молекул можно
уподобить картине, которую

рисуют атомисты, описывая движение пляшущих в воздухе пылинок. Но в случае химических часов мы сталкиваемся с химической реакцией, протекающей совсем не так, как нам подсказывает интуиция. Несколько упрощая ситуацию, можно утверждать, что в случае химических часов все молекулы изменяют свое

ХИМИЧЕСКОЕ ТОЖДЕСТВО
одновременно, через
правильные промежутки времени.
Если представить себе, что молекулы
исходного вещества и продукта
реакции окрашены соответственно в
синий и красный цвета, то мы
увидели бы, как изменяется их цвет в
ритме химических часов.

Ясно, что такую периодическую
реакцию невозможно описать исходя
из интуитивных представлений о
хаотическом поведении молекул.
Возник порядок нового, ранее не
известного типа. В данном случае
уместно говорить о новой

когерентности, о механизме «коммуникации» между молекулами. Но связь такого типа может возникать только в сильно неравновесных условиях. Интересно отметить, что подобная связь широко распространена в мире живого. Существование ее можно принять за самую основу определения биологической системы.

Необходимо также добавить, что тип диссипативной структуры в значительной степени зависит от условий ее образования. Существенную роль в отборе механизма самоорганизации могут

играть внешние поля, например гравитационное поле Земли или магнитное поле.

Мы начинаем понимать, каким образом, исходя из химии, можно построить сложные структуры, сложные формы, в том числе и такие, которые способны стать предшественниками живого. В сильно неравновесных явлениях достоверно установлено весьма важное и неожиданное свойство материи: впредь физика с полным основанием может описывать структуры как формы адаптации системы к внешним условиям. Со

своего рода механизмом предбиологической адаптации мы встречаемся в простейших химических системах. На несколько антропоморфном языке можно сказать, что в состоянии равновесия

23

материя «слепа», тогда как в сильно неравновесных условиях она обретает способность воспринимать различия во внешнем мире (например, слабые гравитационные и электрические поля) и «учитывать»

их в своем функционировании.

Разумеется, проблема происхождения жизни по-прежнему остается весьма трудной, и мы не ожидаем в ближайшем будущем сколько-нибудь простого ее решения. Тем не менее при нашем подходе жизнь перестает противостоять «обычным» законам физики, бороться против них, чтобы избежать предуготованной ей судьбы — гибели. Наоборот, жизнь предстает перед нами как своеобразное проявление тех самых условий, в которых находится наша биосфера, в том числе нелинейности химических

реакций и сильно неравновесных условий, налагаемых на биосферу солнечной радиацией.

Мы подробно обсуждаем понятия, позволяющие описывать образование диссипативных структур, например понятия теории бифуркаций. Следует подчеркнуть, что вблизи точек бифуркации в системах наблюдаются значительные флуктуации. Такие системы как бы «колеблются» перед выбором одного из нескольких путей эволюции, и знаменитый закон больших чисел, если понимать его как обычно, перестает действовать. Небольшая флуктуация может

послужить началом эволюции в совершенно новом направлении, которое резко изменит все поведение макроскопической системы. Неизбежно напрашивается аналогия с социальными явлениями и даже с историей. Далекие от мысли противопоставлять случайность и необходимость, мы считаем, что оба аспекта играют существенную роль в описании нелинейных сильно неравновесных систем.

Резюмируя, можно сказать, что в двух первых частях нашей книги мы рассматриваем два противоборствующих взгляда на

физический мир: статический подход классической динамики и эволюционный взгляд, основанный на использовании понятия энтропии. Конфронтация между столь противоположными подходами неизбежна. Ее долго сдерживал традиционный взгляд на необратимость как на иллюзию, приближение. Время в лишенную времени Вселенную ввел человек. Для нас неприемлемо такое решение проблемы необратимости, при котором необратимость низводится до иллюзии или является следствием тех или иных приближений, поскольку, как мы теперь знаем,

необратимость может быть источником порядка, когерентности, организации.

Конфронтация вневременного подхода классической механики и эволюционного подхода стала неизбежной. Острому столкновению этих двух противоположных подходов к описанию мира посвящена третья часть нашей книги. В ней мы подробно рассматриваем традиционные попытки решения проблемы необратимости, предпринятые сначала в классической, а затем и квантовой механике. Особую роль

при этом сыграли пионерские работы Больцмана и Гиббса. Тем не менее мы можем с полным основанием утверждать, что проблема необратимости во многом осталась нерешенной. По словам Карла Поппера, история была драматической: сначала Больцман считал, что ему удалось дать объективную формулировку нового понятия времени, вытекающего из второго начала термодинамики, но в результате полемики с Цермело и

другими противниками был
вынужден отступить:

«В свете (или во тьме)
истории Больцман по всем
принятым стандартам
потерпел поражение, хотя
все признают, что он был
выдающимся физиком. Ему
так и не удалось рассеять
все сомнения относительно
статуса предложенной им *H*-
теоремы или объяснить возрастание
энтропии... Оказываемое на него
давление было столь велико, что он

утратил веру в себя...» [15].

Проблема необратимости и поныне остается предметом оживленных споров. Как такое возможно через сто пятьдесят лет после открытия второго начала термодинамики? У этого вопроса имеется много аспектов, как культурных, так и технических. Неверие в существование времени неизбежно таит в себе культурную компоненту. Мы неоднократно будем цитировать высказывания Эйнштейна. Его окончательное суждение гласит: «Время (как необратимость) — не более чем

иллюзия». По существу, Эйнштейн лишь повторил то, о чем еще в XVI в. писал Джордано Бруно и что на протяжении веков было символом веры естествознания:

«Итак, Вселенная едина, бесконечна, неподвижна... Она не движется в пространстве... Она не рождается... Она не уничтожается... Она не может уменьшаться или увеличиваться...» [16].

Долгое время взгляды Бруно господствовали в естественнонаучном мышлении западного мира. Нужно ли

удивляться, что после такой
предыстории вторжение
необратимости, обязанной своим
происхождением инженерным
наукам и физической химии, было
воспринято с недоверием. Но
помимо культурных причин,
существовали и технические. Любая
попытка «вывести» необратимость
из динамики неминуемо обречена на
провал, поскольку необратимость —
явление не универсальное. Мы легко
можем представить себе строго (а не
приближенно) обратимые ситуации,
например, маятник без трения или
движение планет. Неудачи,
постигшие все предпринимавшиеся в

прошлом попытки «вывести»
необратимость из динамики,
привели к разочарованию и создали
впечатление, что понятие
необратимости по своему
происхождению субъективно. Все
эти проблемы в дальнейшем мы
обсудим более подробно, а пока
ограничимся следующим
замечанием.

Проблему
необратимости можно рассматривать
сегодня с другой точки зрения,
поскольку, как теперь известно,
существуют различные классы
динамических систем. Мир далеко
не однороден. Следовательно, ин-

тересующий нас вопрос также может быть поставлен иначе: имеется ли в структуре динамических систем нечто специфическое, позволяющее им «отличать» прошлое от будущего? Какова необходимая для этого минимальная сложность?

Такая постановка вопроса позволила нам продвинуться вперед. Ныне мы можем с большей точностью судить об истоках понятия времени в природе, и это обстоятельство приводит к далеко

идущим последствиям. Необратимость вводится в макроскопический мир вторым началом термодинамики — законом неубывания энтропии. Теперь мы понимаем второе начало термодинамики и на микроскопическом уровне. Как будет показано в дальнейшем, второе начало термодинамики выполняет функции правила отбора — ограничения начальных условий, распространяющиеся в последующие моменты времени по законам динамики. Тем самым второе начало вводит в наше описание природы новый, несводимый к чему-либо

элемент. Второе начало термодинамики не противоречит динамике, но не может быть выведено из нее.

Уже Больцман понимал, что между вероятностью и необратимостью должна существовать тесная связь. Различие между прошлым и будущим и, следовательно, необратимость могут входить в описание системы только в том случае, если система ведет себя достаточно случайным образом. Наш анализ подтверждает эту точку зрения. Действительно, что такое стрела времени в

детерминистическом описании природы? В чем ее смысл? Если будущее каким-то образом содержится в настоящем, в котором заключено и прошлое, то что, собственно, означает стрела времени? Стрела времени является проявлением того факта, что будущее не задано, т. е. того, что, по словам французского поэта Поля Валери, «время есть конструкция» [17].

Наш повседневный жизненный опыт показывает, что между временем и пространством существует коренное различие. Мы можем передвигаться из одной точки

пространства в другую, но не в силах повернуть время вспять. Мы не можем переставить прошлое и будущее. Как мы увидим в дальнейшем, это ощущение невозможности обратить время приобретает теперь точный научный смысл.

Допустимые («разрешенные») состояния отделены от состояний, запрещенных вторым началом термодинамики, бесконечно высоким энтропийным барьером. В физике имеется немало других барьеров. Одним из них является скорость света. По современным представлениям, сигналы не могут

распространяться быстрее скорости света. Существование этого барьера весьма важно: не будь его, причинность рассыпалась бы в прах. Аналогичным образом энтропийный барьер является предпосылкой, позволяющей придать точный физический смысл связи. Представьте себе, что бы случилось, если бы наше будущее стало бы прошлым каких-то других людей! К обсуждению этой проблемы мы еще вернемся.

Новейшие достижения
физики еще раз
подчеркнули реальность
времени. Открытия
последних лет обнаружили
новые аспекты времени. На
протяжении всего XX в.
проблема времени занимала умы
наиболее выдающихся мыслителей
современности. Вспомним хотя бы
А. Эйнштейна, М. Пруста, З. Фрейда,
Тейяра де Шардена, Ч. Пирса или А.
Уайтхеда.

Одним из наиболее удивительных

результатов специальной теории относительности Эйнштейна, опубликованной в 1905 г., было введение локального времени, связанного с каждым наблюдателем. Однако эйнштейновское локальное время оставалось обратимым временем. И в специальной, и в общей теории относительности Эйнштейн видел проблему в установлении «связи» между наблюдателями — в указании способа, который позволил бы наблюдателям сравнивать временные интервалы. Теперь мы получаем возможность исследовать проблему времени в других концептуальных

контекстах.

В классической механике время было числом, характеризующим положение точки на ее траектории. Но на глобальном уровне время может иметь и другое значение. При виде ребенка мы можем более или менее точно угадать его возраст, хотя возраст не локализован в какой-либо части тела ребенка. Возраст — глобальное суждение. Часто утверждалось, что наука «опространствует время», придает времени пространственный характер. Мы же открываем возможность иного подхода.

Рассмотрим какой-нибудь ландшафт и его эволюцию: растут населенные пункты, мосты и дороги связывают различные районы и преобразуют их. Пространство приобретает временное измерение. По словам географа Б. Берри, мы приходим к «овремениванию пространства».

Но, возможно, наиболее важный прогресс заключается в том, что проблема структуры, порядка предстает теперь перед нами в иной перспективе. Как будет показано в гл. 8, с точки зрения механики, классической или квантовой, не может быть эволюции с

однонаправленным временем. «Информация» в том виде, в каком она поддается определению в терминах динамики, остается постоянной по времени. Это звучит парадоксально. Если мы смешаем две жидкости, то никакой «эволюции» при этом не произойдет, хотя разделить их, не прибегая к помощи какого-нибудь внешнего устройства, не представляется возможным. Наоборот, закон неубывания энтропии описывает перемешивание двух жидкостей как эволюцию к «хаосу», или «беспорядку», — к наиболее вероятному состоянию. Теперь мы уже располагаем всем

необходимым для того, чтобы доказать взаимную непротиворечивость обоих описаний: говоря об информации или порядке, необходимо всякий раз переопределять рассматриваемые нами единицы. Важный новый факт состоит в том, что теперь мы можем установить точные правила перехода от единиц одного типа к единицам другого типа. Иначе

говоря, нам удалось получить микроскопическую формулировку

эволюционной парадигмы, выражаемой вторым началом термодинамики. Этот вывод представляется нам важным, поскольку эволюционная парадигма охватывает всю химию, а также существенные части биологии и социальных наук. Истина открылась нам недавно. Процесс пересмотра основных понятий, происходящий в настоящее время в физике, еще далек от завершения. Наша цель состоит вовсе не в том, чтобы осветить признанные достижения науки, ее стабильные и достоверно установленные результаты. Мы хотим привлечь внимание читателя к новым

понятиям, рожденным в ходе научной деятельности, ее перспективам и новым проблемам. Мы отчетливо сознаем, что находимся лишь в самом начале нового этапа научных исследований, Перед нами — дорога, таящая в себе немало трудностей и опасностей. В нашей книге мы лишь излагаем все проблемы такими, какими они представляются нам сейчас, отчетливо сознавая несовершенство и неполноту наших ответов на многие вопросы.

Эрвин Шрёдингер написал однажды, к возмущению многих философов науки, следующие строки:

«...Существует тенденция забывать, что все естественные науки связаны с общечеловеческой культурой и что научные открытия, даже кажущиеся в настоящий момент наиболее передовыми и доступными пониманию немногих избранных, все же бессмысленны вне своего культурного контекста. Та теоретическая наука, которая не признает, что ее построения, актуальнейшие и важнейшие, служат

в итоге для включения в концепции, предназначенные для надежного усвоения образованной прослойкой общества и превращения в органическую часть общей картины мира; теоретическая наука, повторяю, представители которой внушают друг другу идеи на языке, в лучшем случае понятном лишь малой группе близких попутчиков, — такая наука непременно оторвется от остальной человеческой культуры; в перспективе она обречена на бессилие и паралич, сколько бы ни продолжался и как бы упрямо ни поддерживался этот стиль для избранных, в пределах этих

изолированных групп, специалистов» [18].

Одна из главных тем нашей книги — сильное взаимодействие проблем, относящихся к культуре как целому, и внутренних концептуальных проблем естествознания. Мы увидим, что проблемы времени находятся в самом центре современной науки. Возникновение новых структурных элементов, необратимость принадлежат к числу вопросов, над решением которых билось не одно поколение философов. Ныне, когда история, в каком бы аспекте — экономическом, демографическом

или политическом — мы ее ни рассматривали, развивается с неслыханной быстротой, новые проблемы и новые интересы вынуждают нас вступать в новые диалоги, искать новые связи.

Известно, что прогресс науки довольно часто описывают как отрыв от конкретного опыта, как подъем на все более высокий уровень абстракции, воспринимаемый со все большим трудом. Мы считаем, что

такого рода интерпретация прогресса науки является не более чем отражением на эпистемологическом уровне исторической ситуации, в которой оказалась классическая наука, следствием ее неспособности включить в свою теоретическую схему обширные области взаимоотношений между человеком и окружающей средой.

Мы отнюдь не сомневаемся в том, что развитие научных теорий сопряжено с восхождением на все более высокие ступени абстракции. Мы лишь утверждаем, что концептуальные инновации,

возымевшие решающее значение в развитии науки, отнюдь не обязательно были связаны с восхождением по лестнице абстракций. Новое открытие времени уходит корнями и в собственно историю естественных наук, и в тот социальный контекст, в котором находится современная наука. Открытие нестабильных элементарных частиц или подтверждение данными наблюдений гипотезы расширяющейся Вселенной, несомненно, являются достоянием внутренней истории естественных наук, но общий интерес к

неравновесным ситуациям, к эволюционирующим системам, по-видимому, отражает наше ощущение того, что человечество в целом переживает сейчас некий переходный период. Многие результаты, приводимые в гл. 5 и 6, например сведения о периодических химических реакциях, могли бы быть открыты много лет назад, но исследование такого рода неравновесных проблем было подавлено культурным и идеологическим контекстом того времени.

Мы сознаем, что наше

утверждение о способности естественных наук тонко реагировать на культурную среду противоречит традиционной концепции науки. Согласно традиционным взглядам, наука развивается, освобождаясь от устаревших форм понимания природы, самоочищаясь в ходе процесса, который можно сравнить с «возвышением» разума. Но отсюда не так уж далеко до вывода о том, что наука — удел немногих избранных, живущих вдали от мира и не ведающих земных забот. Такое идеальное сообщество ученых, согласно традиционным взглядам, должно быть защищено от давления

со стороны общества, его потребностей и запросов. Научный прогресс должен был бы тогда быть по существу автономным процессом, в который любое «внешнее» воздействие, например, участие ученых в какой-либо культурной, социальной или экономической деятельности, вносило бы лишь возмущение или вызывало досадную задержку.

Такого рода идеал абстракции — полная отрешенность ученого от реального мира — находит верного союзника еще в одном идеале,

на этот раз относящемся к призванию «истинного» исследователя, — его стремлении найти пристанище от превратностей «мирской суеты». Эйнштейн дает развернутое описание типа ученого, который удостоился бы милости «ангела господня», посланного на Землю с миссией изгнать из «храма науки» всех «недостойных» (правда, остается не ясным, в каком именно смысле недостойные «недостойны»): «Большинство из них — люди странные, замкнутые, уединенные;

несмотря на эти общие черты, они в действительности сильнее разнятся друг от друга, чем изгнанные.

Что привело их в храм?.. Одно из наиболее сильных побуждений, ведущих к искусству и науке, — это желание уйти от будничной жизни с ее мучительной жесткостью и безутешной пустотой, уйти от уз вечно меняющихся собственных прихотей. Эта причина толкает людей с тонкими душевными струнами от личных переживаний в мир объективного видения и понимания. Эту причину можно сравнить с тоской, неотразимо

влекущей горожанина из шумной и мутной окружающей среды к тихим высокогорным ландшафтам, где взгляд далеко проникает сквозь неподвижный чистый воздух и наслаждается спокойными очертаниями, которые кажутся предназначенными для вечности.

Но к этой негативной причине добавляется и позитивная. Человек стремится каким-то адекватным способом создать в себе простую и ясную картину мира для того, чтобы оторваться от мира ощущений, чтобы в известной степени попытаться заменить этот мир созданной таким

образом картиной» [19].

Несовместность аскетической красоты недостижимого идеала науки, с одной стороны, и мелочной суеты повседневной жизни, так верно подмеченной Эйнштейном, с другой, усиливается под влиянием еще одной несовместности явно манихейского толка — несовместимости науки и общества, или, точнее, свободной творческой деятельности человека и политической власти. В этом случае научными изысканиями следовало бы заниматься не узкому кругу ученых-отшельников и не в храме, а в

неприступной крепости или даже в сумасшедшем доме, как это происходит, например, в пьесе Дюрренматта «Физики» (20). Трое физиков, размышляющих над путями и средствами развития своей науки и озабоченные тем, как оградить человечество от ужасных последствий использования политиками плодов научного развития в своих корыстных целях, приходят к выводу, что единственно возможным является путь, уже избранный одним из них: все трое решают притвориться сумасшедшими и скрыться от общества в частном санатории для

душевнобольных. В конце пьесы выясняется, что и это последнее убежище — не более чем иллюзия. Владелица санатория, неусыпно следившая за своим пациентом физиком Мёбиусом, похитила его открытие и захватила власть, обеспечивающую ей мировое господство.

30

Пьеса Дюрренматта приводит к третьей концепции научной деятельности: развитие науки

осуществляется путем сведения сложности реального мира к скрытой за ней простоте. В стенах частного санатория для душевнобольных физик Мёбиус пытается утаить, что ему удалось успешно решить проблему гравитации, построить единую теорию элементарных частиц и, наконец, сформулировать Принцип Универсального Открытия — источник абсолютной власти. Разумеется, стремясь наиболее полно раскрыть замысел своей пьесы, Дюрренматт упрощает ситуацию, однако и общее мнение сходится на том, что жрецы «храма науки» заняты не больше не меньше, как

поисками «формулы Вселенной». Человек науки, которого молва обычно рисовала как аскета, становится теперь кем-то вроде фокусника, человеком, занимающим особое положение, потенциальным обладателем ключа ко всем природным явлениям, всемогущим (по крайней мере потенциально) носителем беспредельного знания. Подобное представление о человеке науки вновь возвращает нас к поднятой ранее проблеме: только в простом мире (в частности, в мире классической науки, где сложность лишь скрывает лежащую в основе всего простоту) может существовать

такая форма знания, которая дает универсальный ключ ко всем без исключения явлениям природы.

Одна из проблем нашего времени состоит в преодолении взглядов, стремящихся оправдать и усилить изоляцию научного сообщества. Между наукой и обществом необходимо устанавливать новые каналы связи. Именно в этом духе написана наша книга. Мы

все хорошо знаем, что
современный человек в
беспрецедентных
масштабах изменяет
окружающую среду,
создавая, по словам Сержа
Московичи ¹⁾, «новую природу»
[21]. Но для того чтобы понять мир,
сотворенный руками человека, нам
необходима наука, которая выполняет
миссию не только послушного
орудия внешних интересов и не
является раковой опухолью,
безответственно растущей на
субстрате общества.

Две тысячи лет назад

Чжуан-цзы ²⁾ написал
следующие строки:

«Как безостановочно вращается
небо! С каким постоянством
покоится Земля! Не ведут ли между
собой соперничества за место
Солнце и Луна? Есть ли кто-нибудь
предержащий власть над всем этим и
правлящий всем? Кто первопричина
всего и кто без усталости и напряжения
поддерживает все? Не существует ли
тайного механизма, вследствие
которого все в мире не может быть
ничем иным, кроме того, что оно

есть?» [22].

Мы считаем, что находимся на пути к новому синтезу, новой концепции природы. Возможно, когда-нибудь нам удастся слить воедино

1) Московичи Серж (род. 1925 г.) — французский социальный психолог. — *Прим. перев.*

2) Чжуан-цзы (ок. 369-286 гг. до н. э.) — древнекитайский философ. — *Прим. перев.*

западную традицию, придающую первостепенное значение экспериментированию и количественным формулировкам, и такую традицию, как китайская, с ее представлениями о спонтанно изменяющемся самоорганизующемся мире. В начале введения мы привели слова Жака Моно об одиночестве человека во Вселенной. Вывод, к которому он приходит, гласит: «Древний союз [человека и природы] разрушен. Человек наконец сознает свое одиночество в равнодушной бескрайности Вселенной, из которой

он возник по воле случая» [23].

Моно, по-видимому, прав. Древний союз разрушен до основания. Но мы усматриваем свое предназначение не в том, чтобы оплакивать былое, а в том, чтобы в необычайном разнообразии современных естественных наук попытаться найти путеводную нить, ведущую к какой-то единой картине мира. Каждый великий период в истории естествознания приводит к своей модели природы. Для классической науки такой моделью были часы, для XIX в. — периода промышленной революции —

паровой двигатель. Что станет символом для нас? Наш идеал, по-видимому, наиболее полно выражает скульптура — от искусства Древней Индии или Центральной Америки до-колумбовой эпохи до современного искусства. В некоторых наиболее совершенных образцах скульптуры, например, в фигуре пляшущего Шивы или в миниатюрных моделях храмов Герреро, отчетливо ощутим поиск трудноуловимого перехода от покоя к движению, от времени остановившегося к времени текущему. Мы убеждены в том, что именно эта конфронтация

определяет неповторимое
своеобразие нашего времени.

Часть I. ИЛЛЮЗИЯ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ

Глава 1

Триумф разума

1. Новый Моисей

Кромешной
тьмой был мир
окутан,

И в тайны
естества наш
взор не
проникал,

Но Бог сказал:
«Да будет

Ньютон!»

И свет над
миром
воссиял * .

Нет ничего странного в том, что эпитафия Поупа выдержана в столь возвышенном стиле. В глазах Англии XVIII в. Ньютон был «новым Моисеем», которому бог явил свои законы, начертанные на скрижалях. Поэты, архитекторы и скульпторы предлагали проекты величественных монументов, вся английская нация торжественно отмечала небывалое

событие: человек впервые открыл
язык, на котором говорит (и
которому подчиняется) природа.

Не в силах устоять
пред разумом
Ньютона,

Природа с
радостью открыла
все ему,

Пред математикой
склонив свою
главу

И силу опыта

признав, как
власть закона (1)].

Этика и политика черпали в теории Ньютона материал, которым «подкрепляли» свои аргументы. Например, автор приведенного выше четверостишия Дезагулье усматривал в ньютоновской картине мироздания образец политического устройства общества. Конституционную монархию он считал наилучшей из возможных форм правления, поскольку власть короля, как и власть Солнца, умеряется законами.

* *Поуп А.* Проект эпитафии на могиле Ньютона, скончавшегося в 1727 г. — Здесь и далее, если не указан другой переводчик, стихотворный перевод Ю. Данилова.

Как взгляд
владыки ловят
царедворцы,

Кружат так шесть
миров вокруг
Солнца.

Ему подвластно
их движение,

Изогнут путь их
силой
притяжения.

Власть Солнца
смягчена
законами
Природы:

Мирами правит,
не лишая их
свободы [2].

Хотя сам Ньютон никогда не вторгался в область морали и этики, он не сомневался в универсальном характере законов, изложенных в его «Математических началах натуральной философии». «Природа весьма согласна и подобна в себе самой» * , — утверждал Ньютон в Вопросе 31 своей «Оптики». Это весьма сильно эллиптическое утверждение претендует на многое. Горение,

ферментация, тепло, силы сцепления, магнетизм... Не существует ни одного природного явления, которое не было вызвано силами притяжения и отталкивания, т. е. теми же действующими силами, что и движение небесных светил и свободно падающих тел.

Став еще при жизни почти национальным героем, Ньютон примерно столетие спустя при могучей поддержке авторитета Лапласа превратился в символ научной революции в Европе. Астрономы взирали на небо, где безраздельно царила математика.

Ньютоновская система успешно преодолела все препятствия на своем пути. Более того, она проложила путь математическому методу, позволившему учесть все наблюдаемые отклонения в движениях планет и даже использовать их для вывода о существовании еще неизвестной планеты. Предсказание планеты Нептун явилось своего рода освящением предсказательной силы, присущей ньютоновской картине мироздания.

К концу XIX в. имя Ньютона стало нарицательным для

обозначения всего образцового. Вместе с тем появились разноречивые интерпретации ньютоновского метода. Одни усматривали в нем своего рода эталон количественного экспериментирования, результаты которого допускают описание на языке математики. Для них химия обрела своего Ньютона в лице Лавуазье, положившего начало систематическому применению весов в химии. Это был решающий шаг в становлении количественной химии, избравшей закон сохранения массы своей нитью Ариадны. По мнению других, стратегия Ньютона

состояла в вычленении некоторого центрального твердо установленного и надлежаще сформулированного факта и в последующем использовании его как основы дедуктивных построений относительно данного круга явлений. С этой точки зрения гений Ньютона заключался в ньютоновском прагматизме, Ньютон не пытался объяснить гравитацию — существование всемирного тяготения было принято Ньютоном как неоспоримый факт.

* *Ньютон И.* Оптика, или Трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и

цветах света / Пер. с третьего англ. издания 1721 г., с примечаниями С. И. Вавилова. 2-е изд., просмотренное Г.С. Ландсбергом. М., 1954. С. 285. — *Прим. перев.*

34

Аналогичным образом любая другая дисциплина должна строиться таким образом, чтобы за ее исходную точку был принят некоторый центральный необъяснимый факт. Ободренные авторитетом Ньютона медики сочли возможным обновить виталистскую концепцию и говорить о «жизненной

силе» sui generis, использование которой придало бы описанию жизненных явлений столь желанную последовательность и систематичность. Этой же цели призвано служить средство — особая, сугубо химическая сила, якобы проявляющаяся при взаимодействии молекул.

Некоторые «истинные ньютонианцы», стремясь воспрепятствовать неудержимому росту числа различных «сил», призванных объяснить то или иное явление природы, провозгласили было вновь универсальность

всемирного тяготения, или гравитации, как единого объяснения всех явлений, но было слишком поздно. Ныне термин «ньютонианский» (или «ньютоновский») применим ко всему, что имеет отношение к системе законов, равновесию и, более того, ко всем ситуациям, в которых естественный порядок, с одной стороны, и моральный, социальный и политический, с другой, допускают описание с помощью единой всеобъемлющей гармонии. Романтические философы даже обнаруживали в ньютоновской Вселенной волшебный мир,

одухотворенный силами природы. Более «ортодоксальные» физики усматривали в ньютоновской картине мироздания механический мир, подчиняющийся математическим законам. Для позитивистов ньютоновская модель символизировала успех процедуры, рецепта, подлежащего отождествлению с самим определением науки [3].

Все остальное — не более чем изящная словесность (причем зачастую словесность ньютоновская): гармония, безраздельно царящая в мире звезд,

избирательное сродство и столь же
избирательная враждебность,
порождающие видимость
«общественной жизни» химических
соединений, представляли как
явления, распространяющиеся и на
человеческое общество.
Неудивительно поэтому, что тот
период казался золотым веком
классической науки.

Ньютоновская наука и поныне
занимает особое место. Некоторые
из введенных ею основных понятий
получили полное признание и
сохранились до наших дней,
выдержав все мутации, которые

претерпело естествознание со времен Ньютона. Не подлежит сомнению, однако, что золотой век классической науки миновал, а вместе с ним исчезла и уверенность в том, что ньютоновская рациональность, несмотря на значительно расходящиеся между собой интерпретации, может быть приемлемой основой для нашего диалога с природой. Центральная тема первой части нашей книги — триумф ньютонианства, непрерывное расширение сферы научных исследований на все новые и новые области, позволившее распространить ньютоновское

мышление до нашего времени. Мы расскажем также о тех сомнениях и ожесточенных батали-

35

ях, которые породил этот триумф. Ныне мы начинаем более отчетливо видеть пределы ньютоновской рациональности. Возникает новая, более последовательная концепция науки и природы. Эта новая концепция прокладывает путь новому объединению знания и культуры.

2. Дегуманизованный мир

...От единого
зрения нас,
Боже,

Спаси, и
от сна
Ньютонова
тоже! *

Вряд ли найдется лучшая
иллюстрация неустойчивости
положения, занимаемого наукой в

общей системе культуры, чем вводная статья, опубликованная в трудах семинара ЮНЕСКО по проблемам отношений науки и культуры:

«Более чем за одно столетие сектор научной деятельности разросся в окружающем его культурном пространстве настолько, что угрожает в недалеком будущем вытеснить всю культуру. Одни склонны считать подобную опасность иллюзорной и объясняют наметившуюся тенденцию высокими темпами развития науки, уповая на то, что силовые линии культуры рано или поздно окажут свое действие и

вновь поставят науку на службу человеку. Другие полагают, что триумф, одержанный наукой за последние десятилетия, дает ей право занимать господствующее положение в современной культуре. Более того, культура, по их мнению, заслуживает дальнейшего развития лишь постольку, поскольку она может быть передана посредством научного аппарата. Третьим, уstraшенным мрачной перспективой превращения отдельного человека и всего общества в целом в послушных марионеток науки, видится призрак грядущей катастрофы культуры» [4].

В приведенном нами отрывке наука представлена как раковая опухоль на теле культуры: дальнейший рост науки угрожает разрушить культурную жизнь общества. Вопрос стоит весьма остро: можем ли мы взять контроль над наукой в свои руки и направлять ее развитие в нужное русло или нам уготована судьба рабов науки? Всего лишь за каких-нибудь полтора века наука претерпела головокружительное падение, превратившись из источника вдохновения западноевропейской культуры в смертельную угрозу для нее. Наука не только представляет

опасность для материального существования человека, но и в более тонком плане угрожает разрушить традиции и опыт, глубоко укоренившиеся в нашей культурной жизни. Столь тяжкое обвинение выдвигается не только против технологических последствий того или иного научного достижения, но и против самого «духа науки».

* Блейк В. Из письма Батгсу. < Грозный Лос> // Блейк В. Стихи / Пер. В. Потаповой. М., 1978. С. 225. - *Прим. перев.*

Но независимо от того, относятся ли выдвинутые обвинения к глобальному скептицизму, источаемому научной культурой, или к частным следствиям из научных теорий, в наше время утверждение о том, что наука расшатывает саму основу нашего мира, звучит довольно часто. То, что на протяжении поколений было источником радости и наслаждения, вянет от прикосновения науки. Все, к чему прикасается наука, дегуманизуется.

Как ни странно, идея о том, что

научный прогресс выступает в роли рокового разрушителя волшебных чар, нашла горячую поддержку не только среди критиков науки, но и среди тех, кто защищает и даже прославляет ее. Например, историк Гиллиспи в своей книге «Острые объективности» выражает сочувствие тем, кто критикует науку и не оставляет попыток притупить «режущую кромку объективности»:

«Попытки возродить субъективный подход к природе не могут не волновать. Его бранными останками, равно как и благими намерениями, устлан весь путь,

пройденный наукой, и лишь кое-где в таких глухих уголках, как лысенковщина или антропософия, он сохранился в первозданном виде. В такого рода пережитках запечатлены непрестанные попытки избежать последствий наиболее характерной для западного человека успешной кампании, обреченной, насколько можно судить, на полную и окончательную победу. Вряд ли найдется тончайший нюанс в настроении от глубокого отчаяния до героического воодушевления, который не возбуждала бы, как любая вера перед лицом неминуемого, романтическая

натурфилософия. В своем наиболее отталкивающем проявлении такие настроения порождают сентиментальное или вульгарное неприятие разума. В наиболее возвышенном проявлении они являются движущей пружиной натуралистической и морализующей науки Дидро, персонификации природы Гёте, поэзии Вордсворта и философии Альфреда Норта Уайтхеда или любого другого мыслителя, который хотел бы найти в науке место для нашей качественной и эстетической оценки природы. Это наука тех, кто, будь их воля, превратил бы в ботанику

великолепие цветения и в метеорологию красоту закатов» [5].

Итак, наука приводит к трагическому метафизическому выбору. Человек вынужден отдать предпочтение одной из альтернатив и либо поддаться сулящему вновь обрести потерянную было уверенность, но иррациональному искушению видеть в природе гарантию человеческих ценностей, либо усматривать в ней знак, указывающий на существование фундаментальной взаимосвязи явлений и верность рациональности, изолирующей его в безмолвном

мире.

К лейтмотиву мира, переставшего вызывать благоговейное поклонение, примешивается отзвук другого лейтмотива — господства над окружающим миром. Миром, перед которым не испытываешь благоговения, управлять гораздо легче. Любая наука, исходящая из пред-

ставления о мире, действующем по

единому теоретическому плану и низводящем неисчерпаемое богатство и разнообразие явлений природы к унылому однообразию приложений общих законов, тем самым становится инструментом доминирования, а человек, чуждый окружающему его миру, выступает как хозяин этого мира.

В последние десятилетия развенчание окружающего нас мира принимало различные формы. Систематическое изучение многообразных проявлений антинауки выходит за рамки нашей книги. О реакции западной мысли на

удивительный триумф ньютоновской рациональности мы расскажем более подробно в гл. 3, а пока лишь заметим, что в настоящее время наблюдается сдвиг во всеобщем отношении к природе, основанный на широко распространенном, но, по нашему мнению, ошибочном убеждении в существовании непреодолимого антагонизма между наукой и «натурализмом». Формы, которые приняла в последние годы критика науки, мы продемонстрируем (по крайней мере частично) на трех примерах: критики Хайдеггера, чья философия весьма привлекательна для современного

мышления, Артура Кёстлера и выдающегося историка науки Александра Койре.

Мартин Хайдеггер направляет острие своей критики в само сердце научного исследования, основной побудительный мотив которого Хайдеггер усматривает в достижении перманентной цели — покорении природы. В соответствии с этим Хайдеггер утверждает, что научная рациональность является итоговым выражением того, что неявно присутствовало в науке с античных времен, а именно: воли к покорению, проявляющейся в любом

рациональном обсуждении или предприятии, элементе насилия, скрытом во всем позитивном, и коммуникабельном знании. Особое значение Хайдеггер придает тому, что он называет технологическим и научным «остовом» (Gestell) [6], служащим общей основой функционирования человека окружающего мира.

Хайдеггер не приводит подробного анализа какого-нибудь конкретного технологического (или научного) продукта или

процесса. Хайдеггер подвергает критике самую сущность технологии — *сторону, с которой нас интересует вещь.* Любая теория является, с его точки зрения, составной частью реализации генерального плана, образуемого западной историей. То, что мы называем научной «теорией», представляет, по Хайдеггеру, не более чем способ вопрошания вещей, с тем чтобы подчинить их себе. Ученый, как и технолог, — всего лишь игрушка в руках воли к власти, замаскированной под жажду знания:

первое же приближение ученого к объектам исследования означает, что те подвергаются систематическому насилию.

«Было бы неверно называть современную физику экспериментальной потому, что при вопрошании природы она использует экспериментальные устройства. Правильнее противоположное утверждение,

38 *Часть I. Иллюзия*
универсального

и вот почему: физика, уже как чистая теория, требует, чтобы природа проявила себя в предсказуемых силах; она ставит свои эксперименты с единственной целью задать природе вопрос: следует ли та, и если следует, то каким именно образом, схеме, предначертанной наукой» [7].

Хайдеггера несколько не волнует, например, что загрязнение промышленными отходами погубило в Рейне все живое. Хайдеггера интересует лишь, что река Рейн поставлена на службу человеку.

«На Рейне воздвигнута плотина гидроэлектростанции. Она повышает напор вод великой реки, чтобы та могла вращать колеса турбины... Гидроэлектростанция не "пристроена" к Рейну, как старинный деревянный мост, веками соединяющий один берег с другим, Наоборот, река встроена в электростанцию. Рейн есть то, чем он теперь является в качестве реки, а именно поставщиком гидравлического напора, благодаря существованию электростанции» [8].

Старинный мост через Рейн

представляет в глазах Хайдеггера ценность не как свидетельство таланта, подкрепленного опытом возводивших его мастеров, кропотливых и тщательных наблюдений, а лишь потому, что мост «не использует» реку.

Критика Хайдеггера, воспринимающая как угрозу самый идеал позитивного коммуникабельного знания, эхом вторит уже знакомым мотивам движения против науки, о которых мы упоминали во введении. Но идея нерасторжимой связи между наукой и стремлением доминировать

проходит сквозь некоторые, казалось бы, весьма различные оценки современной ситуации. Например, в работе под весьма красноречивым названием «Наступление золотого века» [9] Гюнтер Стент утверждает, что наука в наше время достигла пределов своих возможностей. Мы вплотную приблизились к точке, где отдача иссякает, вопросы, задаваемые нами различным объектам с целью подчинить их своей власти, все более усложняются и утрачивают всякий интерес. Выход на этот рубеж означает конец прогресса, но вместе с тем предоставляет человечеству удобный

случай для того, чтобы прекратить безумные усилия, закончить вековую схватку с природой и принять мир, статичный и комфортабельный. Мы намереваемся показать, что относительная разобщенность научного познания некоторого объекта и возможность овладения им, отнюдь не свидетельствуя об исчерпании науки, указывают на поистине неисчерпаемое множество новых перспектив и проблем. Научное понимание окружающего нас мира только начинается. Существует еще одно представление о науке, которое в принципе, по нашему мнению, может нанести ей

значительный ущерб, —
преклонение перед таинственной
наукой, способной с помощью
хитроумных рассуждений,
недоступных простым смертным,
привести к выводам, которые,
словно по мановению волшебной
палочки, обнаружат
несостоятельность общепринятой
трактовки таких фундаментальных
понятий, как время,

39

пространство, причинность, разум

или материя. Такого рода «таинственная наука», способная потрясти своими выводами основу любой традиционной концепции, в какой-то мере поощрялась «откровениями» теории относительности и квантовой механики. Не подлежит сомнению, что некоторые из наиболее впечатляющих достижений физики в относительно недавнем прошлом, такие, как предложенная Эйнштейном интерпретация гравитации как кривизны пространства или античастицы Дирака, поколебали, казалось бы, окончательно сложившиеся

концепции. Таким образом, налицо весьма тонкое равновесие между готовностью вообразить науку всесильной, способной на любые свершения, и своего рода земным реализмом. В настоящее время это равновесие заметно смещается в сторону возрождения мистицизма в среде представителей печати и даже в самой науке, особенно среди специалистов по космологии [10].

Процитируем Кёстлера:

«Нам приходилось слышать целый хор Нобелевских лауреатов по физике, утверждавших, что материя мертва, причинность мертва,

детерминизм мертв. Если это действительно так, устроим усопшим похороны под реквием электронной музыки. Настало время извлечь урок из постмеханистической науки XX в. и выбраться из смиренной рубашки, надетой на наши философские взгляды материализмом XIX в. Парадоксально, но если бы наши философские взгляды находились на уровне современной науки вместо того, чтобы отставать от нее на столетие, то мы давно освободились бы от этой смиренной рубашки... Но, коль скоро допущенная нами

ошибка осознана, мы могли бы острее ощущать те явления вокруг нас, которые ранее были вынуждены игнорировать из-за одностороннего пристрастия к физической науке, могли бы более чутко реагировать на росток, пробивающийся сквозь обломки рухнувшего здания причинности, с большим вниманием относиться к стечению событий, включить паранормальные явления в нашу концепцию нормальности и отдавать себе ясный отчет в том, что мы живем в "стране слепых"» [11].

Мы не хотим априори осуждать или отвергать любые взгляды. Даже

в заведомо фантастических утверждениях из числа тех, которые нам приходится слышать, может оказаться зерно истины. Тем не менее мы считаем, что прыжки в иррациональное были бы слишком простым выходом из конкретной сложности окружающего нас мира. Мы отнюдь не тешим себя надеждой на то, что из «страны слепых» нам удастся выбраться быстро, поскольку концептуальная слепота — далеко не главная причина, по которой остаются нерешенными проблемы и противоречия нашего общества.

Не соглашаясь с той или иной

критикой или искажениями науки, мы отнюдь не отвергаем всякую критику науки вообще. В качестве примера сошлемся на позицию Александра Койре, внесшего немалый

40

вклад в понимание развития современной науки. Анализируя значение и следствия ньютоновского синтеза, Койре пишет следующее:

«Но есть и нечто такое, за что

ответственность может быть возложена на Ньютона или, точнее, не на одного Ньютона, а на всю современную науку, — раскол нашего мира на два чуждых мира. Я уже упоминал о том, что современная наука разрушила барьеры, отделявшие небо от Земли, объединила и унифицировала Вселенную. Все это так. Но я упоминал и о том, что, опрокидывая барьеры, наука подменяла наш мир качества и чувственного восприятия, мир, в котором мы живем, любим и умираем, другим миром — миром количества, воплощенной геометрии, миром, в котором, хотя

он и вмещает в себя все, нет места для человека. Так мир науки — реальный мир — стал отчужденным и полностью оторванным от мира жизни. Наука не в состоянии не только объяснить этот мир, но даже оправдаться, назвав его "субъективным".

Нельзя не признать, однако, что практика *ежедневно* (и чем дальше, тем чаще) приводит оба мира в соприкосновение. Что же касается *теории*, то их разделяет бездонная пропасть.

Существование двух миров означает существование двух истин. Не исключено, однако, и другое толкование — истины вообще не существует.

Трагедия современного разума, "разгадавшего загадку Вселенной", состоит в том, что одну загадку он заменил другой — загадкой самого себя» [12].

В выводах Койре звучит та же нота, которая отчетливо слышна у Паскаля и Моно, — трагическое ощущение отчужденности. Критика Койре ставит под сомнение не

научное мышление, а классическую науку, в основе которой заложена ньютоновская перспектива. Перед нами не стоит прежняя дилемма трагического выбора между наукой, обрекающей человека на изоляцию в окружающем его мире, лишенном волшебного очарования, и антинаучными иррациональными протестами. Критика Койре нацелена не на пределы рациональности «смирительной рубашки», а лишь на неспособность классической науки справиться с некоторыми фундаментальными аспектами окружающего нас мира.

Наша позиция в этой книге сводится к утверждению: наука, о которой говорит Койре, не является более нашей наукой, и отнюдь не потому, что нас ныне занимают новые, недоступные воображению объекты, более близкие к магии, чем к логике, а потому, что мы как ученые начинаем нащупывать свой путь к сложным процессам, формирующим наиболее знакомый нам мир — мир природы, в котором развиваются живые существа и их сообщества. Мы начинаем выходить за пределы того мира, который Койре называет «миром количества», и вступаем в «мир

качества», а значит, и в мир становящегося, воз-

41

никающего. Описанию перехода из одного мира в другой посвящены части I и II нашей книги. Мы считаем, что именно такой переход придает особую значимость и очарование переживаемому нами моменту истории науки. Не будет, по-видимому, преувеличением сказать, что наш период допустимо сравнивать с эпохой греческих

атомистов или Возрождения, когда зарождался новый взгляд на природу. Но вернемся сначала к ньютоновской науке, бесспорно ставшей одним из величайших достижений в истории человечества.

3. Ньютоновский синтез

Что кроется за энтузиазмом современников Ньютона, их убеждением в том, что тайна мироздания, истина о природе наконец открыта? В ньютоновском синтезе сходятся несколько направлений человеческой мысли,

истоки которых восходят, по-видимому, к самому началу цивилизации. Прежде всего это представление о науке как о способе воздействия на окружающий мир. Ньютоновская наука — наука *активная*. Одним из ее источников стали знания, накопленные средневековыми ремесленниками, строителями машин. Она дает средства для систематического воздействия на мир, для предсказания и изменения хода протекающих в природе процессов, созидания устройств и механизмов, способных обуздать и использовать на благо человека силы и

материальные ресурсы природы.

В этом смысле современная наука может считаться прямым продолжением тех усилий, которые человек с незапамятных времен затрачивал на то, чтобы организовать для своих целей окружающий мир. О ранних этапах этой деятельности мы располагаем весьма скудными сведениями. Тем не менее, оглядываясь назад, мы можем достаточно достоверно оценить уровень знаний и навыков, необходимых для того, чтобы совершить *неолитическую революцию*, позволившую человеку

постепенно начать организацию природной и социальной среды с помощью новой техники, предназначенной для эксплуатации природы и устройства общества. Неолитическая «техника», например, виды домашних животных и культурных растений, выведенные с помощью отбора и гибридизации, гончарное производство, ткачество, металлургия, широко используется и поныне. На протяжении длительного периода наша социальная организация была основана на той же технике письма, геометрии, арифметики, которая понадобилась для того, чтобы организовать

иерархически дифференцированные и наделенные структурой социальные группы неолитических городов-государств. Таким образом, мы не можем не признать непрерывность связи между неолитической техникой и наукой и промышленной революцией [13].

42

Современная наука значительно расширила круг древних изысканий, неуклонно повышая их интенсивность и непрестанно

наращивая их темп. Однако этим далеко не исчерпывается значение науки в том смысле, какой был придан ей в ньютоновском синтезе.

Помимо многообразной техники, используемой в данном обществе, мы встречаем ряд верований и мифов, в которых предпринимаются попытки понять, какое место занимает человек в мире. Подобно мифам и

КОСМОГОНИЧЕСКИМ

гипотезам, научная деятельность направлена прежде всего на то, чтобы *понять* природу мира, его структуру и место, занимаемое в нем человеком.

С нашей точки зрения, совершенно несущественно, что первые умозрительные построения досократиков были во многом заимствованы из мифа

Гесиода о сотворении мира
— начальном отделении
неба от Земли, страсти,
разжигаемой Эротом,
рождении первого
поколения богов и
образовании
дифференцированных
космических сил, разладах
и распрях, серии кровавых
расправ и актов мести и,
наконец, установлении
стабильности при мудром

правления богини правосудия *Дике*. Для нас важно другое: на протяжении нескольких поколений досократики собирали, обсуждали и подвергали критическому разбору часть тех понятий, которые мы пытаемся ныне организовать в надежде понять отношения между явившимся, ставшим и становящимся, т.е. понять, как рождается порядок из первоначально недифференцированной (по предположению) среды.

Почему однородное состояние теряет устойчивость? Почему потеря

устойчивости приводит к спонтанной дифференциации? Почему вообще существуют вещи? Являются ли они хрупкими и бранными следствиями несправедливости, нарушениями статического равновесия между противоборствующими силами природы? Может быть, силы природы создают вещи и обуславливают их автономное существование — вечно соперничающие силы любви и ненависти, стоящие за рождением, ростом, увяданием и рассыпанием в прах? Является ли изменение не более чем иллюзией или, наоборот, проявлением неутихающей борьбы

между противоположностями, образующими изменяющуюся вещь? Сводится ли качественное изменение к движению в вакууме атомов, отличающихся только по форме, или же атомы сами состоят из множества качественно различных «зародышей», каждый из которых отличен от другого? Носит ли гармония мира математический характер? Являются ли числа ключом к природе?

Открытые пифагорейцами соотношения между высотой тона звучащей струны и ее длиной и поныне входят в наши теории.

Математические схемы составили первый в истории Европы свод абстрактных рассуждений, которые могут быть сообщены любому мыслящему человеку и воспроизведены им. Грекам впервые удалось облечь дедуктивное

43

знание в форму, придающую ему (разумеется, в определенных пределах) незыблемость, неподверженность колебаниям в зависимости от убеждений, надежд и

пристрастий.

Наиболее важный аспект, общий для греческой мысли и современной науки, разительно контрастирующий с религиозно-мистической формой познания, заключается в придании особой значимости критическому анализу и проверке [14].

О досократовской философии, получившей развитие в ионических полисах и колониях Magna Graecia (Великой Греции), известно мало. Нам остается лишь строить более или менее правдоподобные предположения о том, какие

отношения могли складываться между теоретическими построениями и космогоническими гипотезами и процветающими в ионических полисах ремеслами и технологиями. Традиция утверждает, что в результате враждебной религиозной и социальной реакции философы были обвинены в атеизме и либо осуждены на изгнание, либо приговорены к смертной казни. Их ранний «призыв к порядку» может служить своего рода символом, олицетворяющим важность социальных факторов для зарождения и особенно развития концептуальных инноваций. Чтобы

понять, на чем зиждется успех современной науки, нам необходимо также объяснить, почему ее основатели, как правило, подвергались формально отнюдь не незаконным репрессиям, а их теоретический подход подавлялся в пользу той формы знания, которая больше соответствовала общественным чаяниям и убеждениям.

Насколько можно судить, со времен Платона и Аристотеля надлежащие ограничения были

установлены и мысль
оказалась направленной в
русло социально
приемлемого. В частности,
было проведено различие
между *теоретическим*
мышлением и
технологической
деятельностью.

Такие
используемые нами и ныне слова,
как «машина», «механический»,
«инженер», имеют сходное значение.
Они относятся не к рациональному
знанию, а к умению и
целесообразности. Идея состояла не

в том, чтобы изучать происходящие в природе процессы с целью их более эффективного использования, а в том, чтобы обхитрить природу, обмануть ее с помощью различных «машинных махинаций», т. е. включить в работу чудеса и эффекты, чуждые «естественному порядку» вещей. Области практических действий и рационального понимания природы были, таким образом, жестко разграничены. Архимеда почитали как инженера. Считалось, что его математические работы по изучению условий равновесия машин неприменимы к миру природы (по крайней мере в

рамках традиционной физики). В отличие от сказанного, ньютоновский синтез выражает последовательный союз между практической Деятельностью и теоретическим познанием.

Нельзя не отметить и третий важный элемент, нашедший свое отражение в ньютоновской революции. Каждый из нас, вероятно, прочувствовал разительный контраст между ничем не нарушаемым покоем

мира звезд и планет и эфемерным, вечно бурлящим земным миром. Как подчеркнул Мирча Элиаде, во многих древних цивилизациях пространство, где протекает жизнь простых смертных, обособлено от обители богов, мир разделен на обычное пространство, где все подвержено игре случая, имеет свой век и обречено в конечном счете на гибель, и священное пространство, где все исполнено высшего смысла, чуждо всякой случайности и вечно. Именно по таким признакам Аристотель противопоставил миру небесных

светил мир подлунный. Эта противоположность имела решающее значение для оценки Аристотелем возможности количественного описания природы. Если движение небесных тел, рассуждал Аристотель, неизменно и по своей природе божественно, т. е. остается вечно тождественным самому себе, то оно должно допускать описание с помощью математических идеализаций. Математическая точность и строгость не пристали подлунному миру. Неточности природных процессов подходит лишь приближенное описание.

Последователю

Аристотеля интереснее
знать, *почему* протекает
процесс, чем уметь
описывать, *как* тот протекает,
или, скорее, для него один аспект
неотделим от другого. Одним из
главных источников
аристотелевского мышления явилось
наблюдение эмбрионального
развития — высокоорганизованного
процесса, в котором
взаимосвязанные, хотя и внешне
независимые события происходят,
как бы подчиняясь единому
глобальному плану. Подобно

развивающемся зародышу, вся аристотелевская природа построена на конечных причинах. Цель всякого изменения, если оно сообразно природе вещей, состоит в том, чтобы реализовать в каждом организме идеал его рациональной сущности. В этой сущности, которая в применении к живому есть в одно и то же время его окончательная, формальная и действующая причина, — ключ к пониманию природы. В указанном смысле «рождение современной науки» — столкновение между последователями Аристотеля и Галилея — есть столкновение между

двумя формами рациональности [15].

Галилей считал вопрос «почему», столь любезный сердцу любого последователя Аристотеля, весьма опасным при обращении к природе, по крайней мере для ученого. С другой стороны, сторонники аристотелевской науки считали взгляды Галилея крайним выражением иррационального фанатизма.

Итак, появление ньютоновской системы ознаменовало триумф новой универсальности: оно

позволило унифицировать то, что до Ньютона казалось разрозненным и бессвязным.

4. Экспериментальный диалог

Мы уже упоминали об одном из наиболее существенных элементов современной науки: тесном союзе теории и практики, слиянии стремления структурировать мир и

желании *понять* его.

45

Для того чтобы
осуществить намерение
познать мир вопреки
убеждению эмпириков,
отнюдь недостаточно с
должным почтением
относиться к наблюдаемым
фактам; в некоторых

вопросах, даже в описании
механического движения,
аристотелевскую физику
было бы легче привести в
соответствие с
эмпирическими фактами.
Открытый современной
наукой экспериментальный
диалог с природой
подразумевает *активное*
вмешательство, а не
пассивное наблюдение.
Перед учеными ставится

задача научиться управлять
физической реальностью,
вынуждать ее действовать в
рамках «сценария» как
можно ближе к
теоретическому описанию.
Исследуемое явление
должно быть
предварительно
препарировано и
изолировано, с тем чтобы
оно могло служить
приближением к некоторой

идеальной *ситуации,*
возможно физически
недостижимой, но согласующейся с
принятой концептуальной схемой.

Рассмотрим описание
системы блоков, ставшей
классическим примером
механической системы со
времен Архимеда, чьи
рассуждения были
распространены
представителями
современной науки на

принцип действия всех
простых машин. Обращает
на себя внимание одно
интересное обстоятельство:
современное объяснение
полностью исключает (как
не имеющее отношения к
делу) именно то, что
намеревалась объяснить
аристотелевская физика.
Если воспользоваться
типичным примером, то
речь шла об объяснении

того, что камень
«сопротивляется» усилиям
лошади, тянущей его за
веревку, и что
сопротивление камня может
быть «преодолено» тяговым
усилием, передаваемым от
лошади через систему
блоков. В отличие от
аристотелевской физики
Галилей учит, что природу
никогда и ни в чем нельзя
«преодолеть», она ничего не

делает «даром» и ее
невозможно «обмануть».
Нелепо думать, что с
помощью какого-то
замысловатого
приспособления или
хитроумной уловки нам
удастся заставить природу
производить
дополнительную работу
[16]. Поскольку работа,
которую способна
производить лошадь,

остается одной и той же как с блоками, так и без блоков, эффект от работы также один и тот же. Это замечание становится исходным пунктом механического объяснения, относящегося, как нетрудно видеть, к миру не реальному, а идеальному. В этом мире «новый» эффект — то, что лошади все же удастся сдвинуть камень, —

имеет второстепенное
значение, и сопротивление
камня описывается лишь
качественно в терминах
трения и нагревания.
Точному описанию
поддается идеальная
ситуация, в которой
соотношение
эквивалентности связывает
причину — производимую
лошадью работу — и
следствие — перемещение

камня. В этом идеальном мире лошадь может сдвинуть камень и без блоков.

Единственное назначение системы блоков состоит в том, чтобы изменить способ передачи тягового усилия от лошади к камню. Вместо того, чтобы перемещать камень на расстояние L , равное расстоянию, проходимому лошадью, тянущей камень на веревке, лошади достаточ-

но переместить камень на расстояние L/n , где n зависит от числа блоков. Подобно всем простым машинам, блоки являются пассивным устройством, способным передавать движение, но не производить его.

Мы видим, что экспериментальный диалог соответствует в высшей степени специфической процедуре. Природа,

как на судебном заседании, подвергается с помощью экспериментирования перекрестному допросу именем априорных принципов. Ответы природы записываются с величайшей точностью, но их правильность оценивается в терминах той самой идеализации, которой физик руководствуется при постановке эксперимента. Все остальное считается не информацией, праздной болтовней, вторичными эффектами, которыми можно пренебречь. Может случиться и так, что природа отвергнет рассматриваемую теоретическую гипотезу. Тем не

менее и отвергнутая гипотеза продолжает использоваться как эталон для измерения следствий и значимости ответа на поставленный вопрос, каким бы ответ ни был. Именно на эту императивную манеру постановки вопросов природе ссылается Хайдеггер в своей аргументации против научной рациональности.

Для нас экспериментальный метод является поистине *искусством*, т. е. мы считаем, что в основе его лежат особые навыки и

умение, а не общие правила. Будучи искусством, экспериментальный метод никогда не гарантирует успех, всегда оставаясь на милости тривиальности или неверного суждения. Ни один методологический принцип не может исключить, например, риска зайти в тупик в ходе научного исследования. Экспериментальный метод есть искусство постановки интересного вопроса и перебора всех следствий, вытекающих из лежащей в основе его теоретической схемы, всех ответов, которые могла бы дать природа на выбранном экспериментатором теоретическом

языке. Из конкретной сложности и многообразия явлений природы необходимо выбрать одно-единственное явление, в котором с наибольшей вероятностью ясно и однозначно должны быть воплощены следствия из рассматриваемой теории. Это явление затем надлежит абстрагировать от окружающей среды и «инсценировать» для того, чтобы теорию можно было подвергнуть воспроизводимой проверке, результаты и методы которой допускали бы передачу любому заинтересованному лицу.

Хотя такого рода

экспериментальная процедура с самого начала вызывала (и продолжает вызывать) серьезные нарекания, отвергалась эмпириками и подвергалась острой критике со стороны представителей других течений философской и естественнонаучной мысли, не без основания сравнивавшими ее с пыткой природы, с допросом на дыбе, она пережила все модификации теоретического содержания научных описаний и в конечном счете определила новый метод исследования, введенный современной наукой.

Экспериментальная
процедура может
становиться и орудием
чисто теоретического
анализа. Эта ее
разновидность известна под
названием «мысленного
эксперимента»: физик
мысленно представляет себе
экспериментальные
ситуации, целиком

подчиняющиеся
теоретическим принципам,
и тем самым получает
возможность осознать, к
каким следствиям приводят
выбранные им в данной
ситуации теоретические
принципы. Мысленные
эксперименты сыграли
решающую роль в работах
Галилея. Ныне они
находятся в самом центре
исследования последствий

концептуальных
переворотов в современной
физике, произведенных
теорией относительности и
квантовой механикой. Один
из наиболее знаменитых
мысленных экспериментов
был предложен Эйнштейном
(так называемый «поезд
Эйнштейна»). Представим
себе наблюдателя, едущего в
поезде и измеряющего
скорость света,

испускаемого фонарями на обочине дороги, т.е. движущегося со скоростью c в системе отсчета, относительно которой поезд движется со скоростью v .

По классической теореме сложения скоростей наблюдатель, едущий в поезде, должен был бы приписать свету, распространяющемуся в направлении движения

поезда, скорость c — v .

Однако классические рассуждения содержат явную нелепость, выявить которую и должен предложенный Эйнштейном мысленный эксперимент. В теории относительности скорость света выступает как *универсальная* постоянная природы. В любой инерциальной системе отсчета скорость света всегда одна и та же. С тех пор и поныне «поезд Эйнштейна» безостановочно движется, помогая

исследовать физические следствия
глубоких перемен в основах науки,
вызванных специальной теорией
относительности.

Экспериментальный метод
занимает центральное место в
диалоге с природой, начатом
современной наукой. Представление
о природе, вопрошаемой в такой
манере, разумеется, сильно
упрощено, а порой и искажено.
Однако это отнюдь не лишает
экспериментальный метод
способности опровергать
подавляющее большинство
выдвигаемых нами гипотез.

Эйнштейн говорил, что природа отвечает «нет» на большинство задаваемых ей вопросов и лишь изредка от нее можно услышать более обнадеживающее «может быть». Ученый не может действовать так, как ему заблагорассудится, и заставить природу говорить лишь то, что ему хочется услышать. Строя радужные надежды и ожидания, он не может рассчитывать (по крайней мере если говорить о глобальной тенденции) на «поддержку» со стороны природы. В действительности ученый подвергает себя тем большему риску и ведет тем более опасную игру, чем более

искусную тактику он выбирает, стремясь отрезать природе все пути к отступлению, припереть ее к стенке [17]. Каков бы ни был ответ природы — «да» или «нет», — он будет выражен на том же теоретическом языке, на котором был задан вопрос. Однако язык этот не остается неизменным, он претерпевает сложный

48

процесс исторического развития, учитывающий прошлые ответы

природы и отношения с другими теоретическими языками. Кроме того, в каждый исторический период научные интересы меняются и возникают новые вопросы. Все это приводит к сложной взаимосвязи между специфическими правилами научной игры (в частности, экспериментальным методом ведения диалога с природой, налагающим наиболее жесткие ограничения на игру) и культурной сетью, к которой, иногда неосознанно, принадлежит ученый.

Мы считаем
экспериментальный диалог

неотъемлемым достижением
человеческой культуры. Он
дает гарантию того, что при
исследовании человеком
природы последняя
выступает как нечто
независимо существующее.
Экспериментальный метод служит
основой коммуникабельной и
воспроизводимой природы научных
результатов. Сколь бы отрывочно ни
говорила природа в отведенных ей
экспериментом рамках,
высказавшись однажды, она не берет
своих слов назад: природа никогда не

лжет.

5. Миф у истоков науки

Основатели современной науки прозорливо усматривали в диалоге между человеком и природой важный шаг к рациональному постижению природы. Но претендовали они на гораздо большее. Галилей и те, кто пришел

после него, разделяли убеждение в том, что наука способна открывать *глобальные* истины о природе. По их мнению, природа не только записана на математическом языке, поддающемся расшифровке с помощью надлежаще поставленных экспериментов, но и сам язык природы единствен. Отсюда уже недалеко до вывода об однородности мира и, следовательно, доступности постижения глобальных истин с помощью локального экспериментирования. Простейшие явления, изучаемые наукой, при

таких взглядах становятся ключом к пониманию природы в целом. Сложность природы была провозглашена кажущейся, а разнообразие природы — укладывающимся в универсальные истины, воплощенные для Галилея в математических законах движения. Убеждение основателей современной науки оказалось необычайно живучим и сохранилось на века. В блестящем цикле лекций, прочитанных Ричардом Фейнманом несколько лет назад по приглашению компании Би-Би-Си, он сравнивал природу с «огромной шахматной доской, на которой играют в

шахматы или шашки» [18]. Сложность природы Фейнман также, как и его предшественники, провозгласил лишь кажущейся: каждый ход подчиняется простым правилам. Не исключено, что современной науке в ее повседневной практике такое убеждение необходимо, ибо без него она не могла бы открывать глобальные истины. Оно придает весьма большое

значение экспериментальному методу и в какой-то мере вдохновляет его. Вполне возможно, что революционная концепция мира, столь же всеобъемлющая, как и «биологическая» концепция аристотелевского мира, была необходима для избавления от ига традиции, для придания поборникам экспериментирования силы убеждения и аргументации, позволившим им отстоять свои взгляды перед лицом ранее сложившихся форм рациональности. Возможно, метафизическое убеждение было необходимо для претворения знаний ремесленника и

строителя машин в новый метод рационального исследования природы. Нам остается лишь строить более или менее правдоподобные предположения относительно того, какое значение имеют следствия из существования такого рода «метафизического» убеждения для объяснения исторической последовательности принятия первых достижений современной науки и их включения в социальный контекст. Мы не будем вдаваться в этот весьма спорный вопрос и ограничимся лишь несколькими замечаниями самого общего характера с единственной целью —

привлечь внимание к проблеме науки, прогресс которой был воспринят одними как триумф разума, а другими как разочарование, как горькое открытие роботоподобной тупости природы.

Трудно отрицать фундаментальное значение социально-экономических факторов (в частности, уровня развития ремесел в монастырях, ставших хранителями знаний, оставшихся от разрушенного мира, а впоследствии — в шумных торговых городах) для рождения экспериментальной науки — систематизированной части

знаний, накопленных
ремесленниками.

Более того, как показывает сравнительный анализ (типа проведенного Нидэмом [19]), в конце средних веков социальные структуры имели решающее значение. Общество перестало с презрением относиться к классу ремесленников и потенциальных новаторов в технике, как это было в Древней Греции. Более того, интеллектуалы, как и ремесленники, в большинстве своем обрели независимость от властей. Это были свободные предприниматели,

ремесленники-новаторы, искавшие покровителей, стремившиеся к новшествам и старавшиеся использовать все предоставляющиеся техническими нововведениями возможности, сколь бы опасными те ни были для социального порядка. С другой стороны, как отмечает Нидэм, в Китае люди науки были официальными лицами, обязанными соблюдать все правила бюрократии. Китайские ученые составляли неотъемлемую часть государственной машины, основное предназначение которой состояло в поддержании закона и порядка.

Компас, печатный станок, порох — все эти изобретения, немало способствовавшие подрыву коренных основ средневекового общества и наступлению в Европе новой эры, были открыты намного раньше в Китае, но оказали на общество гораздо более слабое дестабилизирую-

щее действие. В отличие от

консервативного общества европейское общество оказалось благоприятной средой для стимулирования и поддержания динамического и инновационного роста современной науки на ранних стадиях ее развития.

Однако по крайней мере один вопрос по-прежнему остается без ответа. Мы знаем, что строители машин использовали математические понятия —

передаточные отношения
шестерен, перемещения
различных рабочих частей и
геометрию их
относительных положений.
Но почему математизация
не ограничилась
машинами? Как возникло
понятие естественного
движения в образе
рационализованной
машины? Тот же вопрос
можно задать и

применительно к часам —
одному из триумфов
средневекового
ремесленного искусства,
который вскоре стал
задавать ритм жизни в более
крупных средневековых
городах. Почему часы почти
сразу после своего
появления стали символом
мирового порядка?
Возможно, что в последнем
вопросе содержится и

некоторая доля ответа. Часы — *механизм*, управляемый рациональностью, которая лежит вне его, планом, которому слепо следуют внутренние детали. Мировые часы — метафора, наводящая на мысль о божечасовщике, рациональном вседержителе, управляющем природой, послушно выполняющей его указания наподобие робота. По-видимому, на начальном этапе развития современной науки между теологической дискурсивной практикой и теоретической и экспериментальной деятельностью установился своего рода «резонанс»,

несомненно усиливший и
упрочивший претенциозное мнение
о том, будто ученые находятся на
пути к раскрытию тайны
«грандиозной машины Вселенной».

Термином *резонанс* мы
обозначили в данном случае
необычайно сложную
проблему. Нам отнюдь не
хотелось (да мы и не в
состоянии) утверждать,
будто религиозная
дискурсивная практика
каким-то образом

предопределила рождение теоретической науки или мировоззрения, которое начало развиваться вместе с экспериментальной деятельностью. Используя термин *резонанс*, т. е. взаимное усиление двух направлений мысли, мы сознательно выбрали выражение, симметричное относительно каждого из них: резонанс отнюдь не предполагает, что первенство и роль пускового механизма выпали на долю теологической дискурсивной

практики или «научного мифа».

Следует заметить, что для некоторых философов вопрос о христианском происхождении западной науки является не только вопросом устойчивости концепции природы как автомата, но и вопросом о некоторой существенной связи между экспериментальной наукой как таковой и западной цивилизацией в ее древнееврейской и древнегреческой компонентах. Для Альфреда Норта Уайтхеда эта связь проходит на уровне инстинктивного убеждения. Такое убеждение было необходимо для того, чтобы

вдохновить «научную веру» одного из основателей современной науки.

51

«Я имею в виду неколебимую веру в то, что любое подробно изученное явление может быть совершенно определенным образом — путем специализации общих принципов — соотнесено с предшествующими ему явлениями. Без такой веры чудовищные усилия ученых были бы безнадежными. Именно такое инстинктивное

убеждение, неотступно
предваряющее воображение,
является движущей силой научного
исследования, убеждение в том, что
существует некая тайна и что эта
тайна может быть раскрыта. Каким
же образом такое убеждение столь
глубоко укоренилось в сознании
европейца?

Если указанное направление
европейской мысли мы сравним с
позицией, занимаемой в этом
вопросе другими цивилизациями,
когда они автономны, то выяснится,
что источник у него может быть
лишь один. Интересующее нас

направление берет начало из
существовавшей в средние века
непререкаемой веры в
рациональность бога, сочетающего
личную энергию Иеговы с
рациональностью греческого
философа. Ни одна деталь не
ускользнула от его бдительного ока,
каждой мелочи он нашел место в
общем порядке. Исследование
природы могло лишь еще сильнее
укрепить веру в рациональность.
Напомню, что речь идет не о
продуманных убеждениях
нескольких индивидов, а о том
глубоком отпечатке, который
оставила на мышлении европейца

неколебимая вера, существовавшая на протяжении веков. Под этим я понимаю инстинктивное направление мысли, а не только словесный символ веры» [20].

Мы не будем вдаваться в более глубокий анализ затронутой нами проблемы. Было бы неуместно «доказывать», что современная наука могла зародиться только в христианской Европе. Не возникает необходимости и в выяснении вопроса о том, могли ли основатели современной науки почерпнуть некий стимул из теологических аргументов. Для нас сейчас

несущественно, были ли искренни или лицемерны те, с чьей помощью современная наука совершила свои первые шаги. Важно другое: не подлежит сомнению, что теологические аргументы (в различное для разных стран время) сделали умозрительные построения более социально приемлемыми и заслуживающими доверия. Ссылки на религиозные аргументы часто встречались в английских научных трудах даже в XIX в. Интересно, что для наблюдающегося ныне оживления интереса к мистицизму характерно прямо противоположное направление аргументации: в наши

дни своим авторитетом наука придает вес мистическим утверждениям.

Вопрос, с которым мы здесь сталкиваемся, приводит к множеству проблем, в которых теологические и естественнонаучные вопросы неразделимо связаны с «внешней» историей науки, т. е. с описанием отношения между формой и содержанием научного знания, с одной стороны, и целей, на службу которым поставлена наука в своем социальном, экономическом и институциональном контекстах, — с другой. Как

мы уже говорили, нас интересует сейчас лишь узкий вопрос: весьма специфические характер и следствия научной дискурсивной практики, усиливающиеся при резонансе с теологической дискурсивной практикой.

Нидэм [21] рассказывает об иронии, с которой просвещенные китайцы XVIII в. встретили сообщения иезуитов о триумфах европейской науки того времени.

Идея о том, что природа подчиняется простым познаваемым законам, была воспринята в Китае как непревзойденный пример антропоцентрической глупости. Нидэм считает, что эта «глупость» имеет глубокие культурные корни. Чтобы проиллюстрировать глубокие различия между западными и восточными концепциями, Нидэм ссылается на практиковавшиеся в средневековой Европе суды над животными. В некоторых случаях такие природные аномалии, как, например, петух, якобы несший яйца, расценивались как нарушение законов природы, которые

приравнивались божественным законам, и петух торжественно приговаривался к смертной казни через сожжение на костре. Нидэм поясняет, что в Китае тот же петух при прочих равных исчез бы без лишнего шума. С точки зрения китайцев, он не виновен в совершении какого бы то ни было преступления, а просто его аномальное поведение нарушало гармонию природы и общества. Губернатор провинции и даже сам император оказались бы в весьма щекотливом положении, если бы «необычное» поведение петуха получило широкую огласку.

Комментируя свой пример, Нидэм замечает, что, согласно господствовавшей в Китае философской концепции, космос пребывает в спонтанной гармонии и регулярность явлений не нуждается во внешнем источнике. Наоборот, гармония в природе, обществе и на небесах является результатом равновесия между этими процессами. Стабильные и взаимозависимые, они резонируют, как бы образуя недоступные слуху гармонические созвучия. Если бы какой-то закон и существовал, то это был бы закон, недостижимый ни для бога, ни для человека. Такой закон

выражался бы на языке, разгадать который человек не в силах, но не был бы законом, предустановленным создателем, постигаемым в нашем собственном образе.

В заключение Нидэм ставит следующий вопрос:

«Разумеется, в современных научных представлениях не сохранилось и намека на былые представления о властно повелевающих и требующих беспрекословного повиновения "Законах" природы. Ныне под законами природы принято

понимать статистические закономерности, справедливые в определенные моменты времени и в определенных местах. По меткому выражению Карла Пирсона (в знаменитой главе его труда *), законы природы мы понимаем как описания, а не предписания. Точная степень субъективности в формулировках научных законов

* Имеется в виду основное философское произведение К. Пирсона «Грамматика науки» («Grammar science», 1892; русский перевод: СПб., 1911). — *Прим. перев.*

была предметом жарких дискуссий на протяжении всего периода от Маха до Эллингтона, но мы воздержимся от дальнейших комментариев по этому поводу. Проблема состоит в том, чтобы выяснить, возможно ли постичь статистические закономерности и сформулировать их математически, если пойти по пути, отличному от реально пройденного западной наукой. Было ли состояние ума, при котором петух, несущий яйца, мог быть казнен по приговору суда, необходимым элементом культуры,

способной впоследствии породить Кеплера?» [22].

Следует подчеркнуть, что научная дискурсивная практика не является простой транспозицией традиционных религиозных взглядов в новую тональность. Ясно, что мир, описываемый классической физикой, отличен от мира Книги Бытия, в котором бог создал свет, небо, земную твердь и все живое, мир, в котором непрестанно действует божественное провидение, прищипывая человека и вынуждая его к участию в таких деяниях, где ставкой служит спасение его души.

Мир классической физики — мир атемпоральный, лишенный времени. Такой мир, если он сотворен, должен быть сотворен «одним махом». Нечто подобное происходит, например, когда инженер, собирая робота и включая его, в дальнейшем предоставит ему возможность функционировать самостоятельно. В этом смысле развитие физики действительно происходило в противопоставлении и религии, и традиционной философии. И тем не менее, как мы знаем, христианский бог был призван, чтобы создать основу умопостигаемости мира. В этом случае действительно можно

говорить о своего рода «конвергенции» интересов теологов, считавших, что мир должен познать всемогущество бога, полностью подчинившись ему, и физиков, занятых поисками мира математизируемых процессов.

Так или иначе, мир Аристотеля, разрушенный современной наукой, был неприемлем и для теологов, и для физиков. Этот упорядоченный, гармонический и рациональный мир был слишком независим, его обитатели — слишком могущественными и активными, их подчиненность абсолютному

суверену — слишком
подозрительной и ограниченной для
того, чтобы удовлетворить многих
теологов [23]. С другой стороны, этот
мир был также слишком сложен и
качественно дифференцирован для
того, чтобы быть
математизированным.

«Механическая» природа
современной науки, сотворенная и
управляемая по единому, полностью
доминирующему над ней, но
неизвестному ей плану, прославляет
своего создателя и тем самым
великолепно удовлетворяет запросам
как теологов, так и физиков. Хотя

Лейбниц предпринял попытку доказать, что математизация совместима с миром, способным на активное и качественно дифференцированное поведение, ученые и теологи объединили свои усилия для описания природы как механизма, лишённого разума, пассивного, принципиально чуждого свободе и направленности человеческого разума. «Унылая штука

без звука, без запаха, без цвета. Одна только материя, спешащая без конца и без смысла» [24], — как заметил Уайтхед. Именно эта христианская природа, лишенная какого бы то ни было свойства, которое позволило бы человеку отождествить себя с древней гармонией естественного становления, оставляющая человека наедине с богом, конвергирует с природой, допускающей описание на одном языке, а не на тысяче математических голосов, слышавшихся Лейбницу.

Теология может оказаться полезной для уяснения странной

позиции, занятой человеком, трудолюбиво дешифрующим законы, которым подчиняется мир. Человек (и это необходимо подчеркнуть особо) не является частью природы, которую он объективно описывает. Человек правит природой, оставаясь вне ее. Для Галилея человеческая душа, сотворенная по образу божьему, способна постигать рациональные истины, заложенные в самой основе плана творения, и, следовательно, постепенно приближаться к знанию мира, которым сам бог владеет интуитивно, во всей полноте и мгновенно [25].

В отличие от древних атомистов, подвергавшихся преследованиям по обвинению в атеизме, и в отличие от Лейбница, которого иногда подозревали в отрицании милосердия божия или свободы воли, современным ученым удалось выработать определение своего предприятия, приемлемое с точки зрения культуры. Человеческий разум, которым наделено подчиняющееся законам природы тело, с помощью экспериментальных установок получает доступ к той самой сокровенной точке, откуда бог наблюдает за миром, к божественному плану, осязаемым

выражением которого является наш мир. Однако сам разум остается вне своих собственных достижений. Все, что составляет живую ткань природы, например ее запахи и краски, ученый может описать лишь как некие вторичные, производные качества, не образующие составную часть природы, а проецируемые на нее нашим разумом. Принижение природы происходит параллельно с возвеличением всего, что ускользает от нее, — бога и человека.

6. Пределы классической науки

Мы попытались описать уникальную историческую ситуацию, когда научная практика и метафизические убеждения были тесно связаны. Галилей и его последователи подняли те же проблемы, что и средневековые строители, но отошли от эмпирического знания последних, утверждая с божьей помощью простоту мира и универсальность языка, постулируемого и дешифруемого с помощью экспериментального метода. Таким образом, основной миф, на котором зиждется современная наука, можно рассматривать как результат

сложившегося в конце средних веков
особого комплекса условий
резонанса и взаимного усиления

55

экономических, политических,
социальных, религиозных,
философских и технических
факторов. Быстрый распад этого
комплекса оставил классическую
науку на мели, в изоляции от
трансформировавшейся культуры.

Классическая наука была

порождена культурой, пронизанной
идеей союза между *человеком*,
находящимся на полпути между
божественным порядком и
естественным порядком, и *богом*,
рациональным и понятным
законодателем, суверенным
архитектором, которого мы
постигаем в нашем собственном
образе. Она пережила момент
культурного консонанса,
позволявшего философам и теологам
заниматься проблемами
естествознания, а ученым
расшифровывать замыслы творца и
высказывать мнения о божественной
мудрости и могуществе,

проявленных при сотворении мира. При поддержке религии и философии ученые пришли к убеждению о самодостаточности своей деятельности, о том, что она исчерпывает все возможности рационального подхода к явлениям природы. Связь между естественнонаучным описанием и натурфилософией в этом смысле не нуждалась в обосновании. Можно считать вполне самоочевидным, что естествознание и философия конвергируют и что естествознание открывает принципы аутентичной натурфилософии. Но, как ни странно, самодостаточности,

которой успели вкусить ученые, суждено было пережить и уход средневекового бога, и прекращение срока действия гарантии, некогда предоставленной естествознанию теологией. То, что первоначально казалось весьма рискованным предприятием, превратилось в торжествующую науку XVIII в. [26], открывшую законы движения небесных и земных тел, включенную Д'Аламбером и Эйлером в полную и непротиворечивую систему, в науку, историю которой Лагранж определил как логическое достижение, стремящееся к совершенству. В честь нее создавали

академии такие абсолютные монархи, как Людовик XIV, Фридрих II и Екатерина Великая [27]. Именно эта наука сделала Ньютона национальным героем. Иначе говоря, это была наука, *познавшая успех*, уверенная, что ей удалось *доказать* бессилие природы перед проницательностью человеческого разума. «Je n'ai pas besoin de cette hypothese» * — гласил ответ Лапласа на вопрос Наполеона, нашлось ли Богу место в предложенной Лапласом системе мира.

Дуалистским

импликациям

современной науки, равно как и ее притязаниям, также было суждено выжить. В науке Лапласа, во многих отношениях все еще остававшейся в рамках классической концепции науки в нашем понимании, описание объективно в той мере, в какой из него исключен наблюдатель, а само описание произведено из точки, лежащей *de jure* вне мира, т.е. с божественной точки зрения, с самого начала

* «Мне не понадобилась такая гипотеза»
(франц.). — *Прим. перев.*

доступной человеческой
душе, сотворенной по
образу бога. Таким образом,
классическая наука по-
прежнему претендует на
открытие единственной
истины о мире, одного
языка, который даст нам
ключ ко всей природе (мы,
живущие ныне, сказали бы
фундаментального уровня

описания, из которого может быть выведено все существующее в этом мире).

Позвольте процитировать по этому весьма существенному пункту высказывание Эйнштейна, сумевшего дать точный перевод в современных терминах того, что мы называли основным мифом, на котором зиждется современная наука:

«Какое место занимает картина мира физиков-теоретиков среди всех возможных таких картин? Благодаря использованию языка математики

эта картина удовлетворяет высоким требованиям в отношении строгости и точности выражения взаимозависимостей. Но зато физик вынужден сильно ограничивать свой предмет, довольствуясь изображением наиболее простых, доступных нашему опыту явлений, тогда как все сложные явления не могут быть воссозданы человеческим умом с той точностью и последовательностью, которые необходимы физику-теоретику. Высшая аккуратность, ясность и уверенность — за счет полноты. Но какую прелесть может иметь охват такого небольшого среза природы,

если наиболее тонкое и сложное малодушно оставляется в стороне? Заслуживает ли результат столь скромного занятия гордого названия "картины мира"?

Я думаю — да, ибо общие положения, лежащие в основе мысленных построений теоретической физики, претендуют быть действительными для всех происходящих в природе событий. Путем чисто логической дедукции из них можно было бы вывести картину, т. е. теорию всех явлений природы, включая жизнь, если этот процесс дедукции не выходил бы

далеко за пределы творческой возможности человеческого мышления. Следовательно, отказ от полноты физической картины мира не является принципиальным» [28].

Одно время некоторые утверждали, будто тяготение в том виде, в каком оно выражено в законе всемирного тяготения, делает оправданным переход к природе как к чему-то внутренне одушевленному и при надлежащем обобщении способно объяснить возникновение все более специфических форм взаимодействий, в том числе даже взаимодействий в человеческом

обществе. Но эти иллюзии вскоре рухнули не без влияния требований той политической, экономической и институциональной обстановки, в которой происходило развитие науки. Не будем вдаваться в обсуждение этого аспекта проблемы, хотя и не отрицаем его важности. Необходимо лишь подчеркнуть, что невозможность установить непротиворечивость классических взглядов и доказать то, что некогда было убеждением, стала печальной истиной. Единственной интерпретацией, способной конкурировать с класси-

ческой интерпретацией науки, с тех пор стал позитивистский отказ от самого намерения понять мир. Например, Эрнст Мах, влиятельный философ и физик, идеи которого оказали сильное влияние на молодого Эйнштейна, видел задачу науки в том, чтобы организовать данные опыта как можно в более экономном порядке. У науки, по Маху, нет другой осмысленной цели, кроме наиболее простого и наиболее экономичного абстрактного представления фактов:

«Именно в этом и кроется разгадка тайны, которая лишает науку загадочного ореола и показывает, в чем состоит ее реальная сила. Если говорить о конкретных результатах, то наука не дает нам ничего нового, к чему бы мы не могли прийти, затратив достаточно много времени, без всяких методов... Подобно тому как один человек, опирающийся только на плоды своего труда, никогда не сможет сколотить состояние, в то время как скопление результатов труда многих людей в руках одного человека есть основа богатства и власти, точно так же любое знание,

заслуживающее того, чтобы так называться, не может быть наполнено разумом одного человека, ограниченного продолжительностью человеческой жизни и наделенного лишь конечными силами, если он не прибегнет к самой жесткой экономии мысли и тщательному собиранию экономно упорядоченного опыта тысяч сотрудииков» [29].

Итак, наука полезна потому, что приводит к экономии мышления. Возможно, что в таком утверждении есть определенная доля истины, но разве экономией мышления

исчерпывается все содержание науки? Как далеко все это от взглядов Ньютона, Лейбница и других основателей западной науки, притязавших на создание рациональной основы физического мира! Наука, по Маху, дает нам некоторые полезные правила действия, но не более.

Мы возвращаемся к исходной точке — к идее о том, что именно *классическая* наука, которую на протяжении определенного периода времени было принято считать

символом культурного единства, а не наука как таковая, стала причиной описанного нами культурного кризиса. Ученые оказались в плену лабиринтов блужданий между оглушающим грохотом «научного мифа» и безмолвием «научной серьезности», между провозглашением абсолютной и глобальной природы научной истины и отступлением к концепции научной теории как прагматического рецепта эффективного вмешательства в природные процессы.

Как уже было сказано, мы

разделяем ту точку зрения, согласно которой классическая наука достигла ныне своих пределов. Одним из аспектов трансформации взглядов на науку явилось открытие ограниченности классических понятий, из которых следовала возможность познания мира как такового. Всемогущие существа, подобные демонам Лапласа и Максвелла или богу Эйнштейна, играя важную роль в научных рассуждениях, воплощают в себе как раз те типы экстраполяции

физической мысли, которые они сами признают возможными. Когда же в физику в качестве объекта положительного знания входят случайность, сложность и необратимость, мы отходим от прежнего весьма наивного допущения о существовании прямой связи между нашим описанием мира и самим миром. Объективность в теоретической физике обретает более тонкое значение.

Такое развитие событий было вызвано неожиданными дополнительными открытиями, доказавшими существование

универсальных постоянных,
например скорости света,
ограничивающих возможности
нашего воздействия на природу.
(Неожиданную ситуацию,
возникшую в связи с открытием
универсальных постоянных, мы
обсудим в гл. 7.) В результате
физикам пришлось изыскивать
новые математические средства, что
привело к дальнейшему усложнению
соотнесения между восприятием и
интерпретацией. Как бы мы ни
интерпретировали реальность, ей
всегда соответствует некая активная
мысленная конструкция. Описания,
предоставляемые наукой, не могут

быть более отделены от нашей исследовательской деятельности и, таким образом, не могут быть приписаны некоему всеведущему существу.

В канун появления ньютоновского синтеза Джон Донн так оплакивал аристотелевский космос, разрушенный Коперником:

Новые философы все ставят под сомнение, Стихия грозная — огонь — изъят из обращения.
Утратил разум человек — что не было, что было, Не Солнце кружит круг Земли, Земля — вокруг светила. Все люди честно признают: пошел весь мир наш

прахом, Когда сломали мудрецы
его единым махом. Повсюду
новое ища (сомнение — свет в
окошке), Весь мир разрушили они
до камешка, до крошки [30].

Из руин нашей
современной культуры, по-
видимому, как и во времена
Донна * , можно сложить новую
согласованную культуру.
Классическая наука, мифическая
наука простого пассивного мира,
ныне — достояние прошлого.
Смертельный удар был нанесен ей не
критикой со стороны философов и
не смиренным отказом эмпириков от

попыток понять мир, а внутренним развитием самой науки.

* Донн Дж . (1572-1631) —английский поэт, творивший в духе эпохи Возрождения.
— *Прим. перев.*

Глава 2

Установление реального

1. Законы Ньютона

Рассмотрим теперь более подробно механистическое мировоззрение, возникшее на основе трудов Галилея, Ньютона и их преемников. Мы опишем сильные стороны этого мировоззрения, укажем те аспекты природы, которые ему удалось прояснить, не обойдем молчанием и присущие ему ограничения.

Со времен Галилея одной из центральных проблем физики было описание ускорения. Самым удивительным было то, что изменение в состоянии движения тела допускало описание в простых математических терминах. Ныне это обстоятельство кажется почти тривиальным. Не следует, однако, забывать о том, что

китайская наука,
добившаяся значительных
успехов во многих областях,
так и не смогла дать
количественную
формулировку законов
движения. Галилей открыл,
что если движение
равномерно и
прямолинейно, то
необходимость в поиске
причины такого состояния
движения ничуть не больше,

чем в поиске *причины*
состояния покоя. И
равномерное
прямолинейное движение и
покой сохраняют
устойчивость сколь угодно
долго — до тех пор пока не
происходит что-нибудь,
нарушающее их.
Следовательно, центральной
проблемой является *переход*
от состояния покоя к движению и от
движения — к состоянию покоя или,
более общо, проблема изменения

любых скоростей. Как происходят такие изменения? Формулировка законов движения Ньютона основана на использовании двух конвергентных направлений развития: одного физического (законы движения планет Кеплера и законы свободного падения тел Галилея) и другого математического (создание дифференциального исчисления, или исчисления бесконечно малых).

Как определить непрерывно изменяющуюся скорость? Как описать

мгновенные изменения
различных величин:
положения тела, скорости и
ускорения? Как описать
состояние движения тела в
любой заданный момент?
Чтобы ответить на эти
вопросы, математики ввели
понятие бесконечно малой
величины. Любая
бесконечно малая величина
есть результат некоторого
предельного *перехода*.
Обычно это приращение величины

между двумя последовательно
выбранными моментами времени,
когда длина разделяющего их
временного интервала стремится